

Treball Final de Màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Eficiència energètica d'una planta pilot amb domòtica opensource

Document: II. Memòria i annexos

Alumne: Ruben Martinez Illan

Tutor: Dr. Joan Colomer Llinas

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): juny / 2023

AGRAÏMENTS

M'agradaria disposar d'aquest breu espai per agrair a tota la gent que m'ha ajudat en aquesta etapa de la meua vida, no només durant la realització d'aquest Treball Final, sinó també durant tot el Màster. En primer lloc, al suport femení: la meua dona, la meua mare i la meua germana, que m'han recolzat i empès constantment per donar el millor de mi. D'altra banda, agrair a tota la gent del grup de recerca de l'eXiT per comptar amb mi per a aquest projecte, l'acollida i tota l'ajuda que m'han donat, a més oferir-me la oportunitat d'integrar-me per ser part del seu equip; especialment a en Marc Cañigüeral i en Llorenç Burgas per la seva constant orientació durant la realització d'aquest projecte, i amb qui sense ells no hagués estat possible guiar-me entre la muntanya de codis i protocols que m'he trobat durant aquests mesos. Finalment a en Joan Colomer, tutor del treball, així com a tots els professors del Màster en Enginyeria Industrial.

ÍNDEX

1. Introducció	5
1.1. Antecedents.....	6
1.2. Objectius	9
1.3. Especificacions i abast	9
2. Laboratori de l'eXiT.....	11
2.1. Sistema elèctric	11
2.2. Sistema tèrmic.....	14
2.3. Living lab	18
2.4. Esquema general	19
3. Estat de l'art.....	21
3.1. Plataformes disponibles.....	21
3.2. Selecció de la plataforma.....	30
4. Home Assistant.....	32
4.1. Descripció.....	32
4.2. Implementació	33
4.3. Nou esquema general	37
5. Automatitzacions i controls	40
5.1. Control de la climatització	40
5.2. Control de les finestres	47
6. Avaluació econòmica	57
7. Conclusions	59
7.1. Assoliment dels objectius.....	59
7.2. Propostes de millora i futures implementacions	60
7.3. Projectes de futur.....	64
8. Relació de documents	68
9. Bibliografia.....	69

10.	Glossari.....	70
A.	Diagrames i plànols	72
B.	Manual Home Assistant.....	75
B.1.	Instal·lació	75
B.2.	Guia de benvinguda.....	79
B.3.	Entitats	82
B.4.	Complements	122
B.5.	Base de dades externa.....	124
B.6.	HACS	128
B.7.	Configuració de Lovelace	137
B.8.	Automatitzacions	151
B.9.	Scripts	155

1. Introducció

Davant l'estat d'emergència climàtica, l'Organització de les Nacions Unides (UN) va aprovar l'any 2015 l'"Agenda 2030" sobre el Desenvolupament Sostenible, en el qual s'inclouen 17 Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS). Aquests objectius s'emmarquen en diferents àmbits, entre els quals es poden destacar el social, el mediambiental i el tecnològic.

Dintre dels objectius relacionats amb l'àmbit de l'energia i la seva gestió, cal destacar els següents (veure la Figura 1.1):



Figura 1.1: ODS aplicables a l'àmbit de l'energia. Font de la infografia: UN – Sustainable Development Goals¹

- 7. Energia assequible i no contaminant: promoció de l'electrificació en països subdesenvolupats, amb especial èmfasi en els recursos renovables i l'eficiència energètica;

¹ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

- 9. Indústria, innovació i infraestructura: descobriment de solucions per als reptes econòmics i mediambientals, com l'augment de l'eficiència energètica i dels recursos;
- 11. Ciutats i comunitats sostenibles: les ciutats i les àrees metropolitanes representen el 70 % de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a tot el món². És per això que cal reduir l'impacte ambiental transformant les ciutats en la cerca de la sostenibilitat mitjançant la reducció de l'impacte ambiental i l'augment de l'eficiència energètica en sistemes d'habitatges i transport;
- 12. Producció i consum responsables: maximitzar la sostenibilitat del mercat i l'ús eficient dels recursos.

El grup de recerca d'Enginyeria de Control i Sistemes Intel·ligents (eXiT) de la Universitat de Girona (UdG), en la seva línia d'investigació d'Smart Cities i Smart Grids, està especialitzat en la modelització, monitorització i control de sistemes intel·ligents en àmbits urbans, com comunitats energètiques i sistemes de distribució, i col·laboren amb múltiples projectes d'índole nacional i europea alineats amb els ODS de les UN en termes d'optimització dels recursos energètics i la maximització de l'eficiència.

1.1. Antecedents

L'eXiT disposa d'un laboratori (incloent una sala en concepte de living lab, atenent que s'aprofita l'espai com a oficina quotidiana del grup) que s'ha anat construint i instrumentalitzant al llarg de la darrera dècada. En aquest sentit, es disposa de diferents sistemes monitoritzats de generació i consum que permeten estudiar sistemes reals in-situ, amb bases de dades pròpies. Aquest laboratori està constituït per (veure la Figura 1.2):

- Sistema elèctric:
 - o Generació amb panells solars fotovoltaics de potència 3.8 kWp.
 - o Bateria amb una capacitat de 4 kWh i potència de 2.5 kW.
- Sistema tèrmic (veure la Figura 1.3):
 - o Generació mitjançant un pou de geotèrmia de 100 metres de profunditat.
 - o Dipòsit d'inèrcia de 100 litres.

² <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>

- Climatització del living lab per mitjà d'un sistema de fancoil.

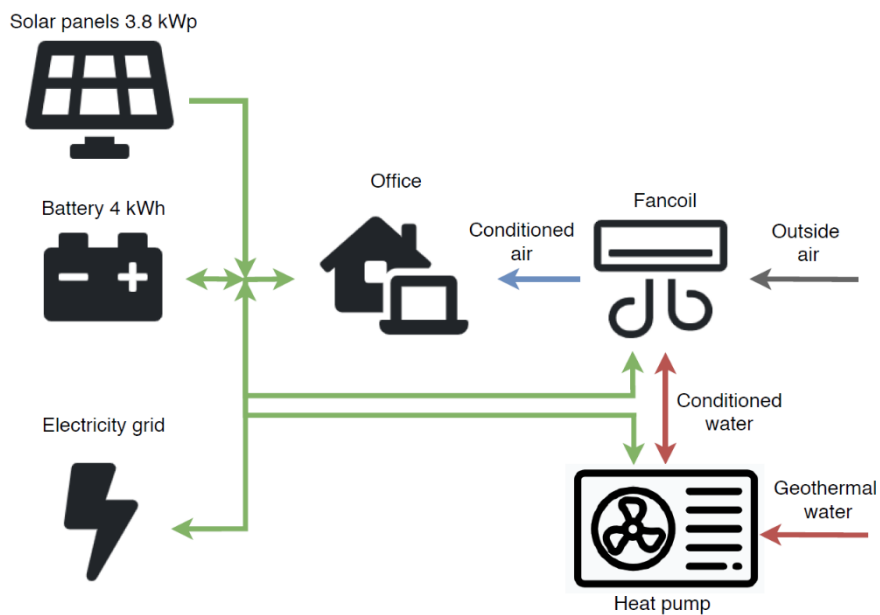


Figura 1.2: Esquema general del laboratori de l'eXiT. Font: eXiT

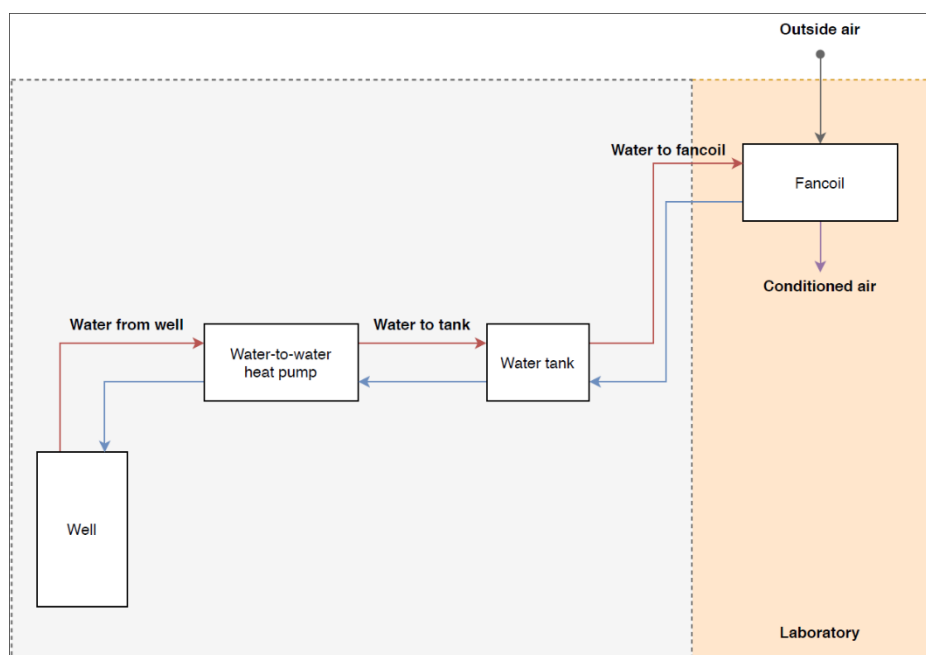


Figura 1.3: Diagrama del sistema tèrmic del laboratori de l'eXiT. Font: eXiT

- Sistema de monitorització del living lab: Gràcies a Treballs Finals de Grau (TFG) i de Màster (TFM) de companys anteriors, es disposen de diferents sistemes

d'adquisició de dades formats per sistemes independents. En aquest cas, s'han avaluat els treballs previs de:

- En Rubèn Almansa: TFG “Sensorització ambiental del laboratori del grup eXiT” (1) finalitzat l'any 2017, on integra múltiples sensors de confort del laboratori (gasos, so, llum, etc.) dintre d'un sistema propi i tancat del fabricant Libellium en xarxa Zigbee.
- En Marc Rulló: TFG “Captació i tractament de dades de consums del laboratori Lab-003 de l'edifici P-IV per al grup de recerca eXiT” (2) finalitzat l'any 2018, on integra sensors del fabricant Phidgets per a l'adquisició de dades de consums elèctrics del living lab.
- En Carles Adell: TFM “Disseny i implementació d'un sistema IoT per a la monitorització i control d'una bomba de calor” (3) finalitzat l'any 2020, on integra la monitorització i el control del sistema tèrmic del laboratori.
- La Lily Torrijos: TFG finalitzat l'any 2023, on integra sensors del fabricant Shelly per a l'adquisició de dades de temperatura i humitat i el control del sistema de climatització de fancoil.
- En Marc Cañigüeral: integració del sistema tèrmic en una aplicació en xarxa (veure l'apartat 2.2 Sistema tèrmic).

Es realitza un aprofundiment en els detalls dels sistemes citats anteriorment a l'apartat 2 Laboratori de l'eXiT d'aquest TFM.

Degut que cada fase d'implementació s'ha treballat sota sistemes independents, la situació prèvia a l'elaboració d'aquest TFM és de plataformes i bases de dades disseminades i separades. A més d'aquest estat, s'ha d'incloure el fet que algun dels projectes citats anteriorment ha patit de manca de manteniment i ha deixat de funcionar correctament, com és el cas de la xarxa de Libellium, on el coordinador³ de la xarxa Zigbee (un producte model Meshlium) és inaccessible degut a la poca memòria disponible.

³ El rol de coordinador en una xarxa Zigbee correspon a l'element central que gestiona la xarxa i a qui van adreçades les senyals en última instància. Per a més informació, consultar el web: <https://development.libellium.com/zigbee-networking-guide/node-parameters>

1.2. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és la implementació d'una plataforma d'agregació que disposi de compatibilitat i sigui capaç d'integrar els diferents sistemes presents al laboratori (veure l'apartat 1.1 Antecedents). En aquest sentit, cal cercar i triar una plataforma que compleixi amb els requisits establerts a l'apartat 1.3 Especificacions i abast, i implementar en la operativa del laboratori agregant totes les plataformes descrites prèviament.

Com a objectius secundaris, aquest TFM ha de servir per poder sembrar les llavors de projectes futurs en relació a l'estudi de l'eficiència energètica del laboratori que, en un curt termini, ha de permetre funcionar com a planta pilot dels projectes OptiREC (4) i Reschool (5). Per tant, és previst que durant la implementació de la plataforma d'agregació apareguin noves necessitats de sensors i controls que ajudin a disposar del laboratori com a planta pilot que, en la mesura del possible, s'integraran en aquest mateix TFM.

1.3. Especificacions i abast

Les especificacions que s'han fixat per al desenvolupament d'aquest projecte són:

- Implementació d'un programari amb les següents característiques:
 - o Software de codi obert.
 - o Compatibilitat amb el màxim nombre possible dels protocols de comunicació més utilitzats del sector Internet of Things (IoT) i de la Indústria 4.0 (MQTT, Zigbee, HTTP, KNX, etc.).
 - o Compatibilitat amb els sistemes descrits a l'apartat 1.1 Antecedents i 2 Laboratori de l'eXiT.
 - o Interfície visual intuïtiva i atractiva.
 - o Capacitat d'executar algorismes i automatitzacions.
 - o Possibilitat d'integrar, en qualsevol vessant, programes desenvolupats pel grup de recerca en les línies de modelització, previsió, simulació, optimització i/o planificació basades en intel·ligència artificial.
 - o Possibilitat d'interaccionar amb altres plataformes i/o des de l'exterior de la xarxa.

Tanmateix, es fixa l'abast del projecte en la implementació efectiva del programari escollit, en els termes següents:

- Instal·lació del software i posada en servei.
- Integració dels sistemes descrits a l'apartat 1.1 Antecedents.
- Desenvolupament d'automatitzacions basades en algorismes senzills de control.

Per tal d'assolir aquests objectius, es permet deixar fora d'aquest abast aquelles integracions que podrien exigir una dedicació excepcional per a un sol TFM. En aquest sentit, es recullen totes les integracions de futur i altres oportunitats de millora a l'apartat 7.2 Propostes de millora i futures implementacions.

2. Laboratori de l'eXiT

Prèviament a aquest projecte, el laboratori de l'eXiT es troba en funcionament en diferents àmbits. D'una banda, consta d'instal·lacions de generació d'energia (fotovoltaica i geotèrmia) i acumulació (bateria elèctrica i dipòsit d'inèrcia tèrmica). De l'altra, consta d'un living lab amb múltiples paràmetres de mesura, així com un sistema de control de la climatització i de la obertura de les finestres. En aquest apartat es detalla cada sistema que compona el laboratori.

2.1. Sistema elèctric

L'eXiT compta amb una instal·lació de 14 panells de generació d'energia fotovoltaica models CS6K-280P del fabricant Canadian Solar, que ofereixen una potència total de 3.92 kWp. Les característiques de les plaques solars són les següents:

- 14 mòduls (Canadian Solar CS6K-280P).
- Dimensions de cada mòdul: 1650 x 992 x 40 mm.
- Potència de cada mòdul: 280 W.
- Eficiència: 17.11 %.
- Estimació d'energia produïda: 5 970 kWh / any.
- Potència instal·lada: 3.92 kWp.



Figura 2.1: Instal·lació dels panells d'energia fotovoltaica a la teulada de l'edifici P-IV de la UdG

Des del portal web de fotovoltaica⁴ es proporciona accés a la interfície del programari de l'smart meter del fabricant Fronius, on es poden monitoritzar les dades de generació d'energia fotovoltaica i el bescanvi d'energia respecte la xarxa elèctrica.

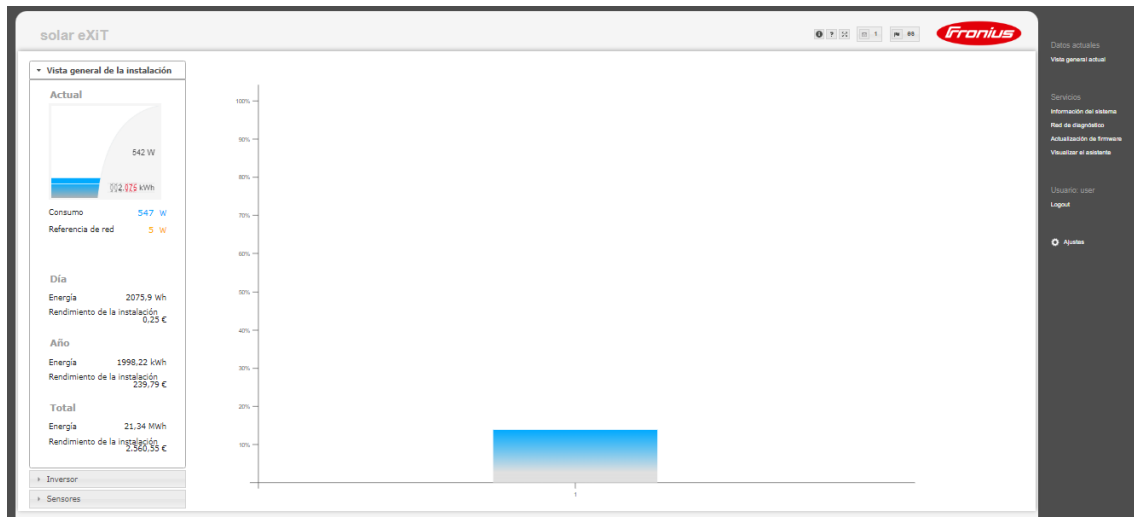


Figura 2.2: Portal del programari de l'inversor Fronius implementat a l'eXiT

La instal·lació també incorpora una bateria amb les següents característiques:

- Model: Sönnen Batterie ECO 8.0.
- Capacitat de la bateria: 4.0 kWh.
- Potència nominal (càrrega / descàrrega): 2 500 W.



Figura 2.3: Bateria Sönnen ECO 8.0 del laboratori de l'eXiT

⁴ <http://fotovoltaicap4.udg.edu/>

Tanmateix, la instal·lació està connectada a la xarxa de subministrament elèctric, de manera que permet el bescanvi d'energia amb aquesta. La bateria inclou un software que permet configurar diferents modes d'operació:

- “Manual”: permet establir manualment la potència de càrrega o de descàrrega.
- “Autoconsumo”: el sistema intenta ser autosuficient, de manera que prioritza l'autoconsum del sistema (amb energia fotovoltaica, o amb suplement de bateria quan no es cobreixen les necessitats energètiques), fins que la bateria s'exhaureix.
- “Ampliación de modulo (85%)”: carrega fins a la consigna de 85%, consumint d'allà on és necessari. És un mode de servei tècnic.
- “Tiempo de uso”: permet establir horaris d'ús, prioritzant la cobertura de les necessitats de consum, carregar la bateria o exportar excedents. Per exemple, permet establir horaris en què la bateria no descarrega, per tal d'aprofitar horaris en què l'energia és barata de comprar (veure l'exemple de la Figura 2.4).

Ajustes

Modo de servicio

Tiempo de uso

Tiempo de uso

Por defecto, una batería funciona en modo de autoconsumo para mantener el consumo de la energía de producción propia lo más debe funcionar en modo de autoconsumo. Por ejemplo, para aumentar el consumo de energía de la red durante los periodos de ta

Crear un nuevo evento de carga

Guardar el programa diario

Evento de carga: 00:00-08:00 0W

La batería no se descarga, se carga solo con fotovoltaica

Figura 2.4: Exemple de configuració del mode “Tiempo de uso”

El programari de gestió de la bateria, que incorpora les dades de l'smart meter de Fronius, realitza una optimització de l'energia bescanviada amb la xarxa, adequant-se

contínuament al consum instantani per cercar un equilibri de 0 W. Així doncs, permet monitoritzar la generació d'energia solar

Panel de control

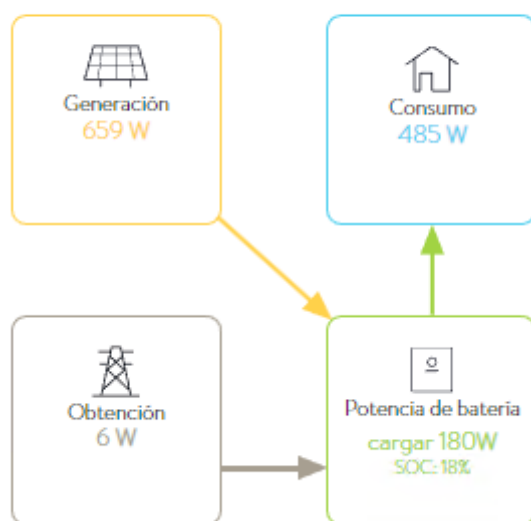


Figura 2.5: Panell de control del programari de Sönnen

2.2. Sistema tèrmic

El sistema de generació i acumulació tèrmica del laboratori està compost per un pou de generació d'energia geotèrmica, un sistema de bescanvi de calor per mitjà d'una bomba de calor i un dipòsit d'inèrcia. Aquest sistema permet alimentar el sistema de climatització del living lab mitjançant un fancoil (veure la Figura 2.6).

Les característiques del sistema de geotèrmia són les següents:

- Profunditat del pou de geotèrmia: 100 metres (amb mesura de temperatura a una profunditat de 50 metres mitjançant un sensor monitoritzat per un dispositiu ESP32).
- Model de la bomba de calor: Clausius Classic.
- Consum elèctric de la bomba de calor: 0.8 – 3.3 kW.
- Potència calorífica de la bomba de calor: 3 – 15 kW entre 0 – 35 °C.

- COP (nominal): 4.61.
- Volum del dipòsit d'inèrcia: 100 litres.
- Sistema de bescanvi de calor aigua – aire: fancoil.

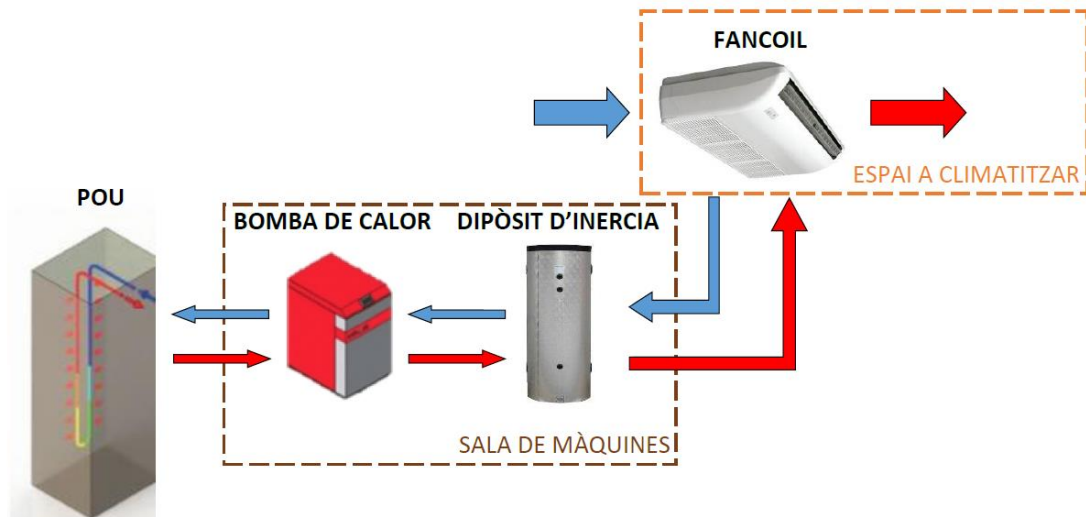


Figura 2.6: Esquema del sistema tèrmic. Font: Adell, C. (3)



Figura 2.7: Bomba de calor del sistema de geotèrmia. Font: Clausius

El dipòsit d'aigua permet oferir flexibilitat al laboratori com a sistema d'emmagatzemament d'energia: per exemple, en situacions amb excedent d'energia solar, la bomba de calor es pot activar, aportant (o retirant) calor del dipòsit d'inèrcia.



Figura 2.8: A l'esquerra, obres de construcció del pou de geotèrmia. A la dreta, sistema de ventilació visible al sostre del living lab. Font: eXiT

A tenir en compte que el sistema tèrmic permet operar en dos modes: estiu i hivern. A l'estiu, la temperatura del pou és més freda que la temperatura exterior, fet que permet emmagatzemar aigua a una temperatura freda (consigna de 15 °C). A l'hivern, en un cas oposat en què la temperatura del pou és més alta que la de l'ambient, mitjançant la bomba de calor es pot emmagatzemar aigua a temperatures calentes (consigna de 50 °C).

El sistema de geotèrmia es pot controlar i monitoritzar des del portal web de geotèrmia⁵ de l'eXiT. Aquest portal ofereix múltiples dades de mesura del sistema:

- Bomba de calor, connectada a un dispositiu ESP32 que, mitjançant protocol Modbus, es comunica amb les següents adreces de dades:
 - o Temperatures:
 - Impulsió i retorn del pou.
 - Bomba de calor, en referència a les temperatures dels fluids de bescanvi energètic.
 - Dipòsit.
 - Exterior.
 - o COP i EER de la bomba de calor.
 - o Configuració de la bomba de calor (mode de funcionament, consigna de temperatura del dipòsit, alarmes, etc.).

⁵ <https://app.exit.udg.edu/geotermia/>

- Temperatura del pou a una profunditat de 50 metres (sensor PT100 connectat a un dispositiu ESP32).
- Aire de sortida del fancoil (sensor DHT connectat a un dispositiu ESP32).
- Interior del living lab (sensor DHT connectat a un dispositiu ESP32).
- Consum total de la instal·lació (pinça amperomètrica Clamp CT connectada a dispositiu ESP32; mesura de línia que inclou bomba de calor i fancoil).

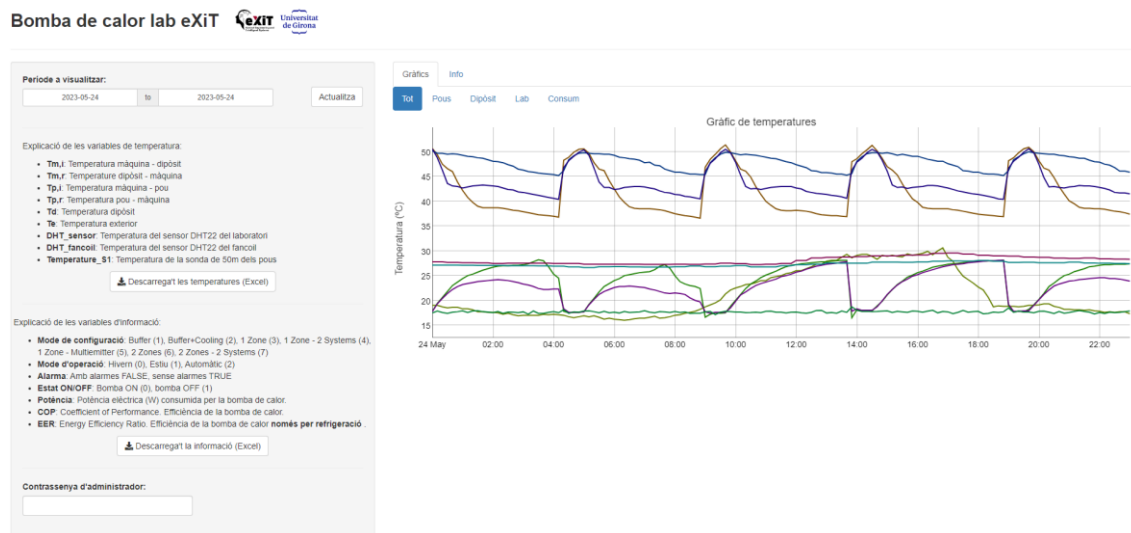


Figura 2.9: Portal de geotèrmia de l'eXiT

Totes les dades anteriors són recopilades pels dispositius ESP32, i enviades per protocol MQTT al núvol d'Amazon Web Services on es disposa de la base de dades, la qual alimenta el portal de la Figura 2.9.

Finalment, es pot considerar també el living lab com un magatzem d'energia tèrmica, en tant que es poden aprofitar les inèrcies tèrmiques d'aquest en un protocol d'optimització de l'eficiència energètica i dels usos dels excedents de generació elèctrica.

2.3. Living lab

El living lab disposa de múltiples sensors, els quals utilitzen diversos protocols i alimenten diverses bases de dades:

- Plataforma Libelium (1), amb diversos dispositius Waspmotes connectats a un concentrador Meshlium mitjançant el protocol de comunicacions Zigbee, amb base de dades pròpia i compartida a una base de dades al núvol d'Amazon Web Services:
 - Node Consum (C):
 - Consum total del laboratori.
 - Node Esdeveniments Porta (EP):
 - Temperatura interior.
 - Intensitat de llum.
 - Humitat.
 - Vibracions.
 - Sensor magnètic de porta tancada.
 - Node Esdeveniments Finestres (EF):
 - Temperatura interior.
 - Intensitat de llum.
 - Sensor de moviment.
 - Sensor magnètic de finestres tancades per a cada finestra.
 - Node Smart Cities (SC):
 - Temperatura interior.
 - Intensitat de llum.
 - Mesurador d'il·luminació (lux).
 - Intensitat de so.
 - Node Gasos (G):
 - Temperatura interior.
 - Temperatura exterior.
 - Sensor de diòxid de carboni.
 - Pressió atmosfèrica.
 - Node Comptador de persones (P):
 - Ocupació de la sala.
- Plataforma Phidgets (2) per a la monitorització del consum elèctric, mitjançant un sistema propi:

- 16 estacions de treball monitoritzades.
- Enllumenat del laboratori.
- 3 sensors de temperatura interior:
 - 1 dispositiu DHT connectat a un ESP32 que alimenta dues bases de dades:
 - Amazon Web Services mitjançant el protocol MQTT (veure l'apartat 2.2 Sistema tèrmic)
 - Base de dades a un servidor de l'eXiT per protocol HTTP.
 - 2 dispositius del fabricant Shelly amb plataforma pròpia:
 - Shelly HT
 - Shelly Plus H&T

Finalment, es disposen d'actuadors elèctrics (amb accionament manual, no remota o telemàtica) a les finestres que permeten obrir i tancar mitjançant un sistema de commutació elèctric, i d'un relé Shelly Plus 1PM que permet controlar remotament el fancoil del sistema tèrmic i tanmateix ofereix mesura del consum del fancoil.

2.4. Esquema general

L'esquema general resultant del laboratori és un cúmul de sistemes, plataformes, núvols i bases de dades disgregades, independents i aïllades. Aquest fet provoca que, per una banda, la realització de projectes basats en l'actuació sobre determinades variables sigui complexa (degut que en molts casos no hi ha interconnexió entre plataformes, és difícil per exemple actuar sobre elements del laboratori en base a estímuls de variables de control no integrades). D'altra banda, dificulta l'anàlisi de les dades i la cerca de possibles interdependències entre factors.

A la Figura 2.10 es resumeix la disgregació de les diferents plataformes presents al laboratori, observant-ne un total de sis, a tenor de les descripcions dels sistemes dels apartats 2.1 Sistema elèctric (format per les plaques solars i l'inversor Fronius, i la bateria Sönnen), 2.2 Sistema tèrmic (format per la plataforma de control de geotèrmia, que inclou la bomba de calor i múltiples sensors) i 2.3 Living lab (incloent tres plataformes pròpies formades respectivament pels fabricants Libelium, Phidgets i Shelly, així com pels actuadors manuals de les finestres).

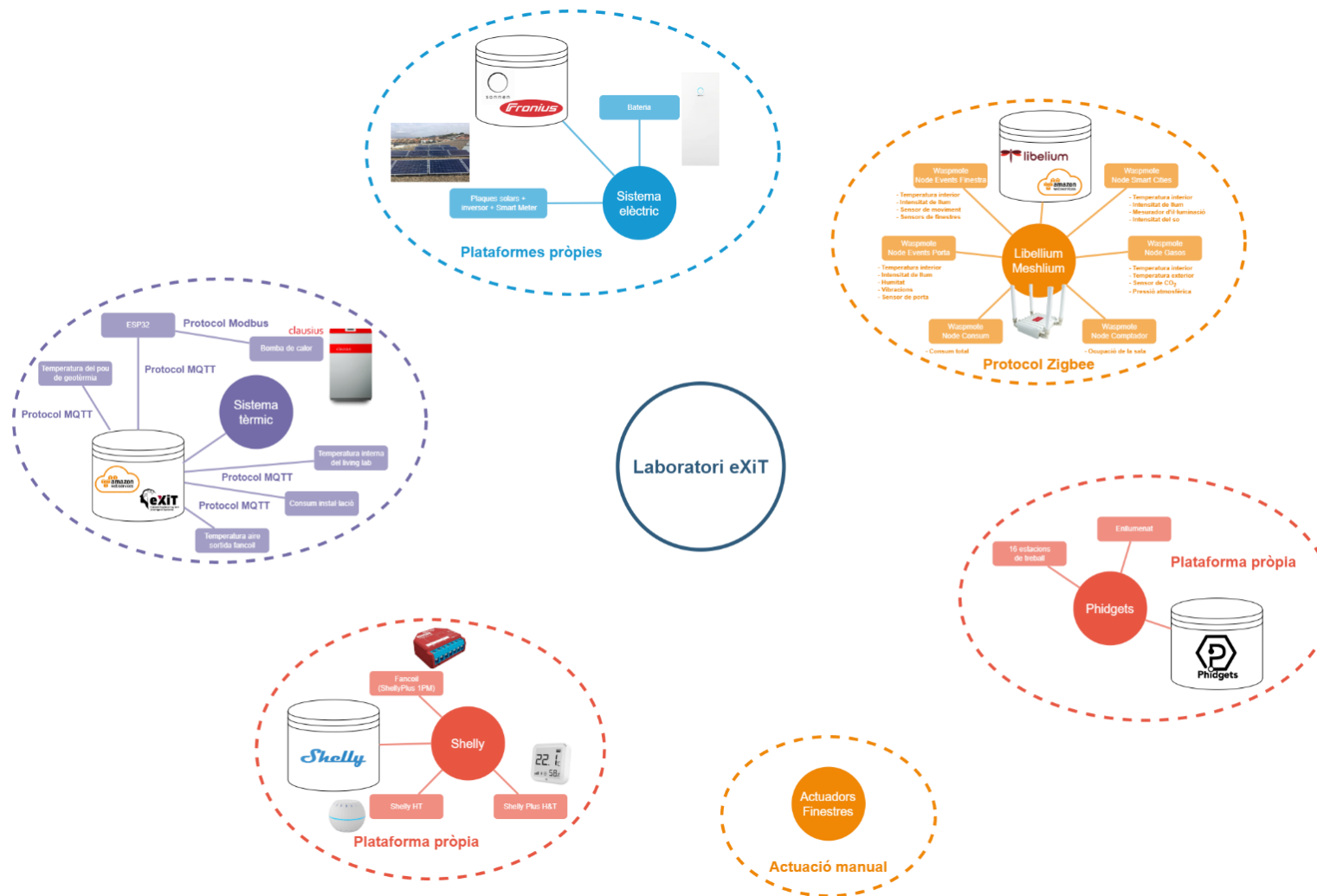


Figura 2.10: Esquema general del laboratori de l'eXiT original, amb diverses plataformes i bases de dades disseminades.

3. Estat de l'art

Amb l'objectiu d'agregar les múltiples plataformes disseminades esmentades a l'apartat 2 Laboratori de l'eXiT s'avaluen diversos programaris de codi obert que hi ha disponibles al mercat. El requisit principal per a la selecció de la plataforma d'agregació és la compatibilitat amb el màxim nombre de plataformes disponibles al laboratori, així com la senzillesa de la implementació del sistema i la capacitat d'integrar codi programat propi.

3.1. Plataformes disponibles

S'avaluen diverses plataformes agregadores del mercat, desglossades en aquest apartat.

3.1.1. Domoticz

Domoticz⁶ és una plataforma creada el 2012 creada per l'usuari Gizmocuz en codi C++. Tot i ésser un precursor d'aquest tipus de plataformes i arribar a aglutinar una gran quantitat d'usuaris, en els darrers anys ha perdut quota de mercat en comparació amb una competència que ha nascut amb propostes ambicioses i que ha crescut ràpidament, relegant a Domoticz a un segon pla. En aquest sentit, la pàgina web (veure la Figura 3.1) que disposa és poc intuïtiva i la plataforma es pot considerar que ha quedat obsoleta en diversos aspectes.

La seva comunitat disposa actualment de més de 30 mil usuaris, però molts d'ells resten inactius.

En relació a la compatibilitat amb sistemes, fabricants i dispositius, és bastant limitada. Alguns dispositius del laboratori com ara Fronius disposen de compatibilitat oferta pel desenvolupador, d'altres com Shelly disposen de compatibilitat gràcies a aportacions d'usuaris, i d'altres com Sönnen no en disposen. En quant a protocols, sí ofereix una

⁶ <https://www.domoticz.com/>

àmplia compatibilitat, entre d'altres MQTT o, mitjançant adaptadors compatibles, Zigbee. Finalment, l'accés a la base de dades no és senzill.

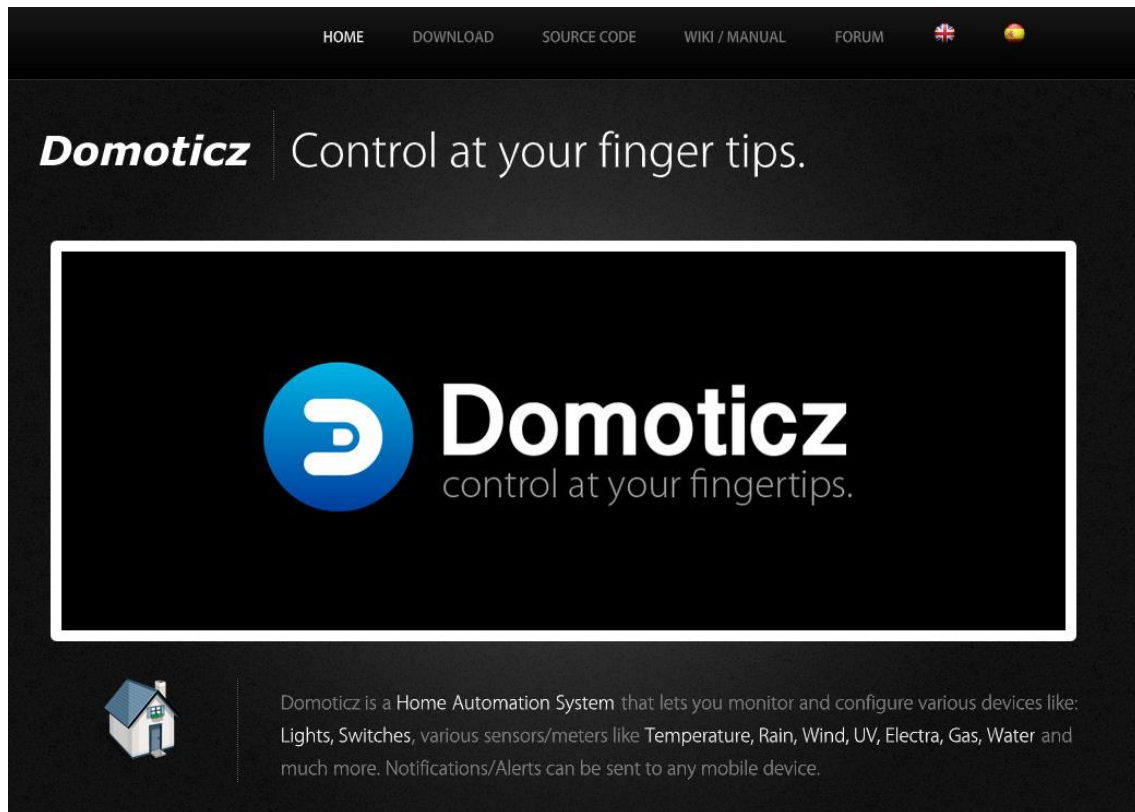


Figura 3.1: Portal web de Domoticz

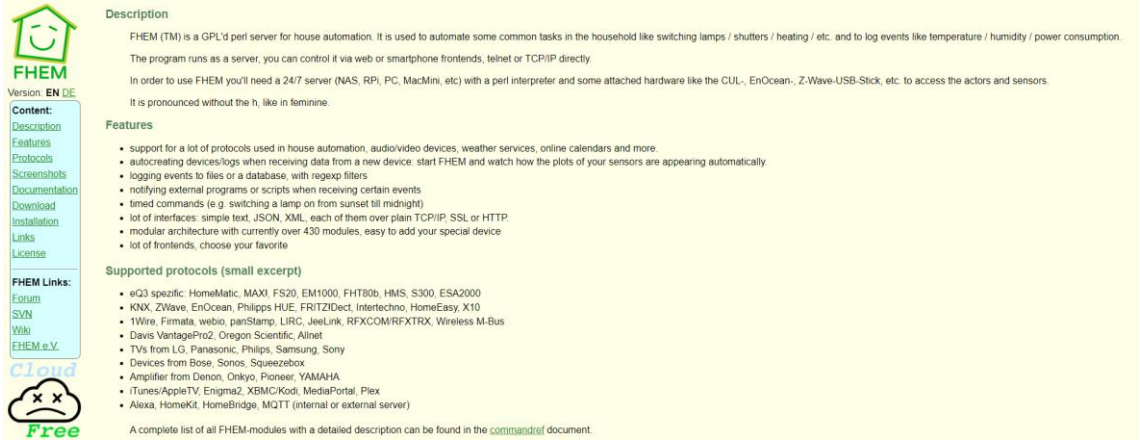
També esmentar el fet que la plataforma és poc intuïtiva i complexa, i està basada en una interfície que exigeix coneixements de programació.



Figura 3.2: Exemple de panell de visualització de Domoticz. Font: Domoticz

3.1.2. FHEM

FHEM⁷ és una plataforma d'origen alemany i programada en llenguatge Perl. És una plataforma simple i poc visual i poc atractiva, amb una comunitat que el 2020 va arribar a 23 mil usuaris.



Description

FHEM (TM) is a GPL'd perl server for house automation. It is used to automate some common tasks in the household like switching lamps / shutters / heating / etc. and to log events like temperature / humidity / power consumption. The program runs as a server, you can control it via web or smartphone frontends, telnet or TCP/IP directly.

In order to use FHEM you'll need a 24/7 server (NAS, RPI, PC, MacMini, etc) with a perl interpreter and some attached hardware like the CUL-, EnOcean-, Z-Wave-USB-Stick, etc. to access the actors and sensors.

It is pronounced without the h, like in feminine.

Version: EN DE

Content:

- Description
- Features
- Protocols
- Screenshots
- Documentation
- Download
- Installation
- Links
- License

FHEM Links:

- Forum
- SVN
- Wiki
- FHEM e.V.

Cloud

Free

Features

- support for a lot of protocols used in house automation, audio/video devices, weather services, online calendars and more
- autocreating devices/logs when receiving data from a new device: start FHEM and watch how the plots of your sensors are appearing automatically
- logging events to files or a database, with regexp filters
- notifying external programs or scripts when receiving certain events
- timed commands (e.g. switching a lamp on from sunset till midnight)
- lot of interfaces: simple text, JSON, XML, each of them over plain TCP/IP, SSL, or HTTP
- modular architecture with currently over 430 modules, easy to add your special device
- lot of frontends, choose your favorite

Supported protocols (small excerpt)

- eQ3 specific: HomeMatic, MAXI, FS20, EM1000, FHT80b, HMS, S300, ESA2000
- KNX, ZWave, EnOcean, Philips HUE, FRITZ!Dect, Inter techno, HomeEasy, X10
- 1Wire, Firmata, webio, panStamp, LIRC, JeeLink, RFXCOM/RFXTRX, Wireless M-Bus
- Davis VantagePro2, Oregon Scientific, Allnet
- TVs from LG, Panasonic, Philips, Samsung, Sony
- Devices from Bose, Sonos, Squeezebox
- Amplifier from Denon, Onkyo, Pioneer, YAMAHA
- iTunes/AppleTV, Engima2, XBMC/Kodi, MediaPortal, Plex
- Alexa, HomeKit, HomeBridge, MQTT (internal or external server)

A complete list of all FHEM-modules with a detailed description can be found in the [commandref](#) document.

Figura 3.3: Portal web de FHEM

Aquesta plataforma ofereix compatibilitat amb més de 400 marques, d'entre les quals calen destacar algunes presents al laboratori, com Fronius, Sönnen o Shelly, així com amb protocols com MQTT o KNX, però no amb Zigbee. No obstant, un gran handicap d'aquesta plataforma és que, en ésser alemanya, la presència d'usuaris d'aquesta nacionalitat és predominant, fet que comporta una important barrera idiomàtica en moltes de les implementacions, guies, manuals i fils al fòrum de la comunitat.

Aquesta plataforma es pot instal·lar en dispositius Raspberry Pi, Linux o Windows, entre d'altres.

Finalment, no s'ha trobat informació sobre l'accés a la base de dades.

⁷ <https://fhem.de/>

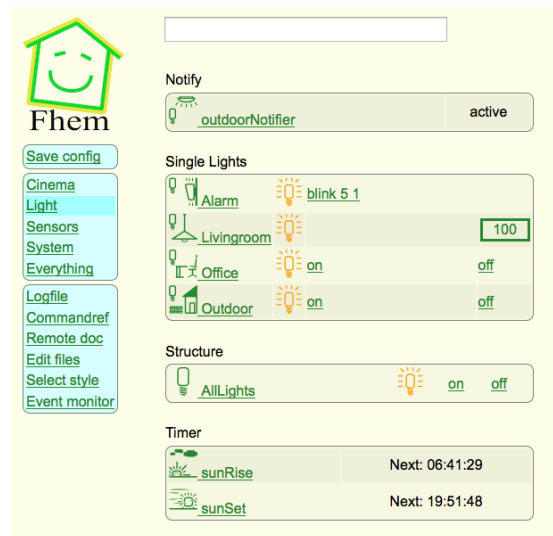


Figura 3.4: Exemple de panell de visualització de FHEM. Font: FHEM

3.1.3. ioBroker

ioBroker⁸ és una plataforma alemanya que va néixer l'any 2015 i programada en Javascript, i com a tal és una plataforma amb predominança als països de parla alemanya (segons el seu portal⁹, 90% dels sistemes instal·lats a Alemanya, Àustria i Suïssa; tan sols quatre instal·lacions a Catalunya).

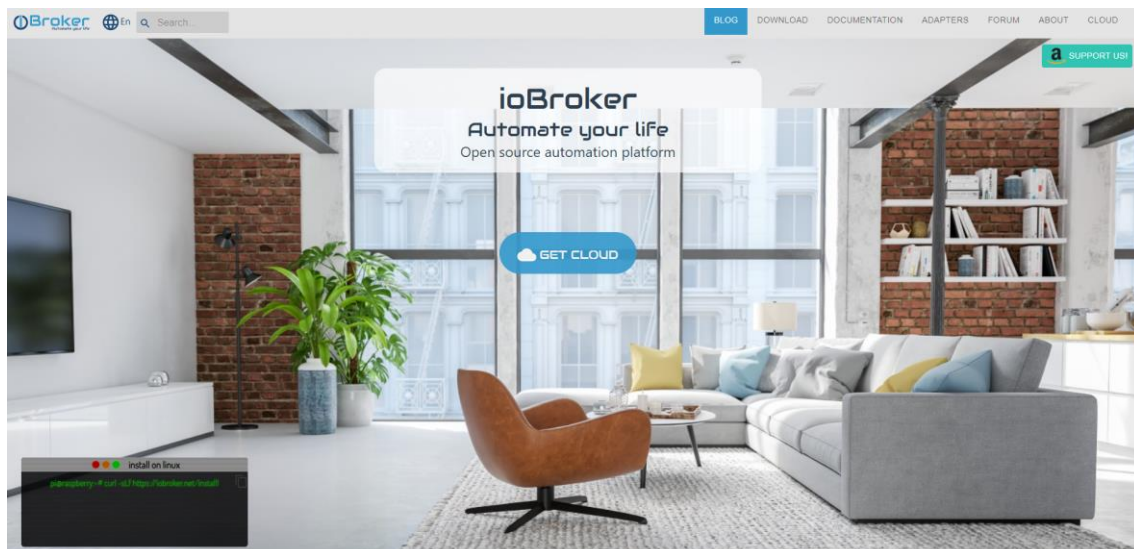


Figura 3.5: Portal web d'ioBroker

⁸ <https://www.iobroker.net/>

⁹ <https://www.iobroker.net/#en/statistics>

És una plataforma amb gran compatibilitat de dispositius i marques. Entre elles hi figuren alguns dels dispositius presents al laboratori de l'eXiT, com Fronius, Sönnen o Shelly, així com també amb protocols diversos, inclosos MQTT i Zigbee.

La comunitat és activa i és una de les plataformes que més està creixent, gràcies en part a la seva aposta per l'atractiu visual. No obstant, la comunitat és majoritàriament de parla alemanya (aproximadament 1 milió de missatges en alemany al fòrum, vers al prop del miler en anglès).

La plataforma per se no disposa de cap interfície visual: és l'usuari qui ha de partir de zero. ioBroker ofereix diverses interfícies, incloent-ne la visual de Home Assistant (veure l'apartat 3.1.4 Home Assistant i la Figura 3.6), la qual incorpora el seu sistema per targetes i programació en codi YAML.

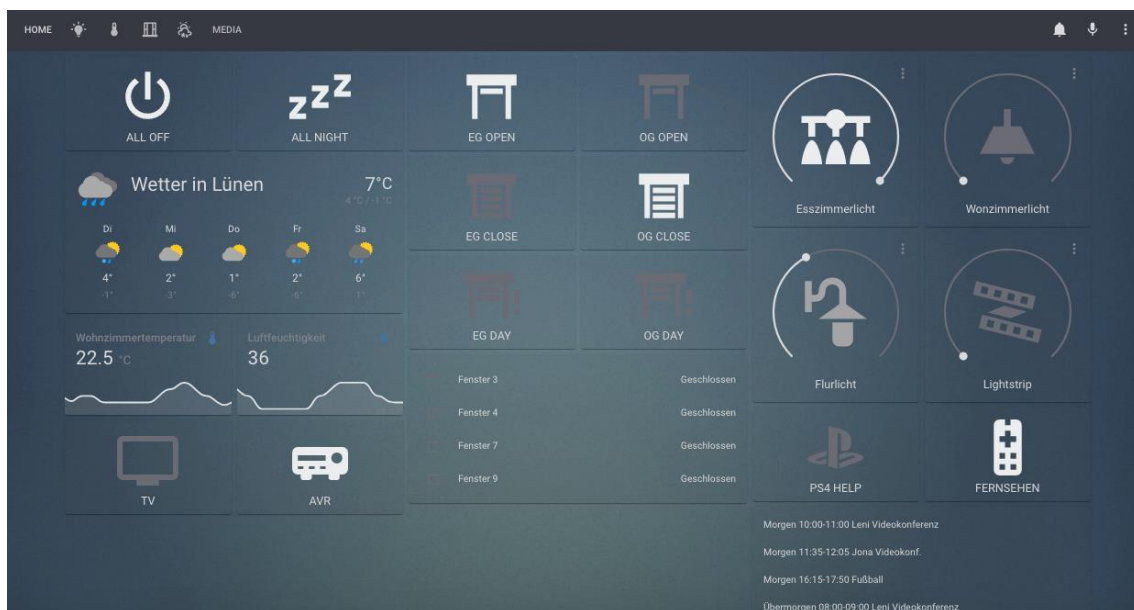


Figura 3.6: Exemple de panell de visualització d'ioBroker, amb interfície Lovelace de Home Assistant.
Font: ioBroker

La base de dades és configurable i, aparentment, fàcilment accessible.

3.1.4. Home Assistant

Home Assistant¹⁰ és una plataforma creada l'any 2013 i programada en Python. L'any 2017 es va realitzar una primera gran evolució del sistema, creant-ne la seva versió com a sistema operatiu. A partir d'aquest punt, els creadors van valorar la monetització del sistema, creant una empresa mare (Nabu Casa) que gestionaria serveis de cloud. Nabu Casa actualment ofereix hardware basat en Raspberry amb Home Assistant preinstal·lat, així com també un adaptador USB per a Raspberry que ofereix comptabilitat en xarxes Zigbee. A més, Nabu Casa va adquirir ESPHome, un firmware dissenyat per a dispositius ESP32, incorporant així una gran integració a Home Assistant.

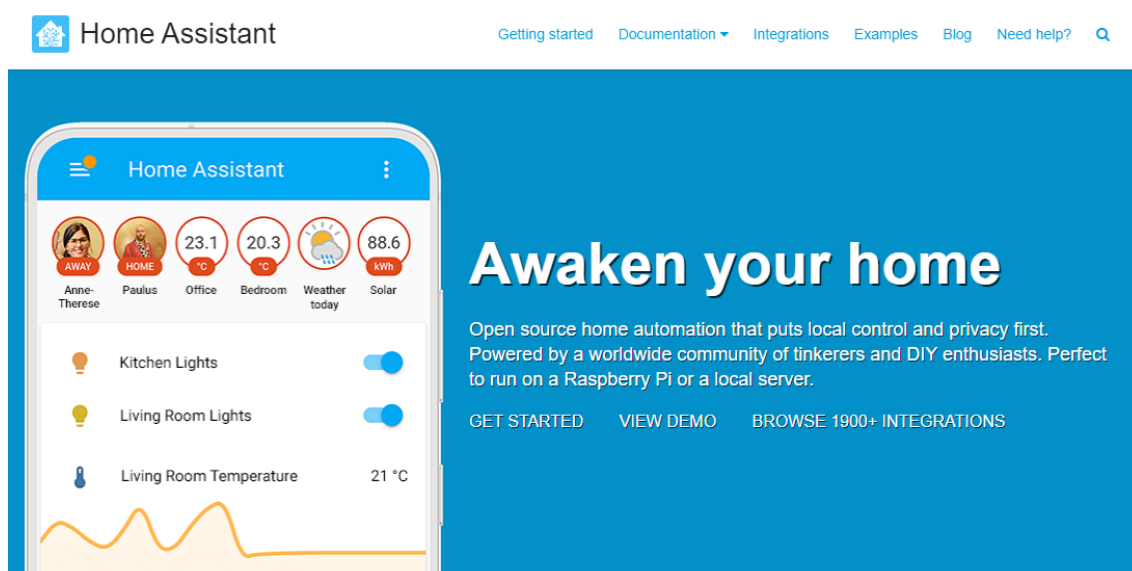


Figura 3.7: Portal web de Home Assistant

Home Assistant és probablement la plataforma més intuïtiva i visual del mercat, fet que ha facilitat una gran expansió. Aquesta gran expansió, a més, ha implicat la creació d'una gran comunitat amb més de 150 mil usuaris, la qual permet oferir una gran integració amb multitud de sistemes.

En aquest sentit, Home Assistant ofereix integracions amb més de 2400 fabricants del mercat, i compatibilitat amb els protocols més habituals. No obstant, dintre d'aquests

¹⁰ <https://www.home-assistant.io/>

fabricants no es troba Sönnen, marca de la bateria del sistema elèctric del laboratori de l'eXiT. Tot i així, la comunitat sí ofereix solucions per a la integració d'aquesta marca.

Home Assistant es pot instal·lar en multitud de sistemes (Raspberry, Linux, Windows, macOS, Docker, etc.), i ofereix diferents tipus d'instal·lació.

La plataforma ofereix una interfície visual amb un panell de visualització principal personalitzable en "targetes" programables en codi YAML. De fet, tot i que la plataforma està programada en codi Python, i que permet integrar programes desenvolupats en aquest llenguatge, la interfície i les diferents configuracions són programades en YAML.

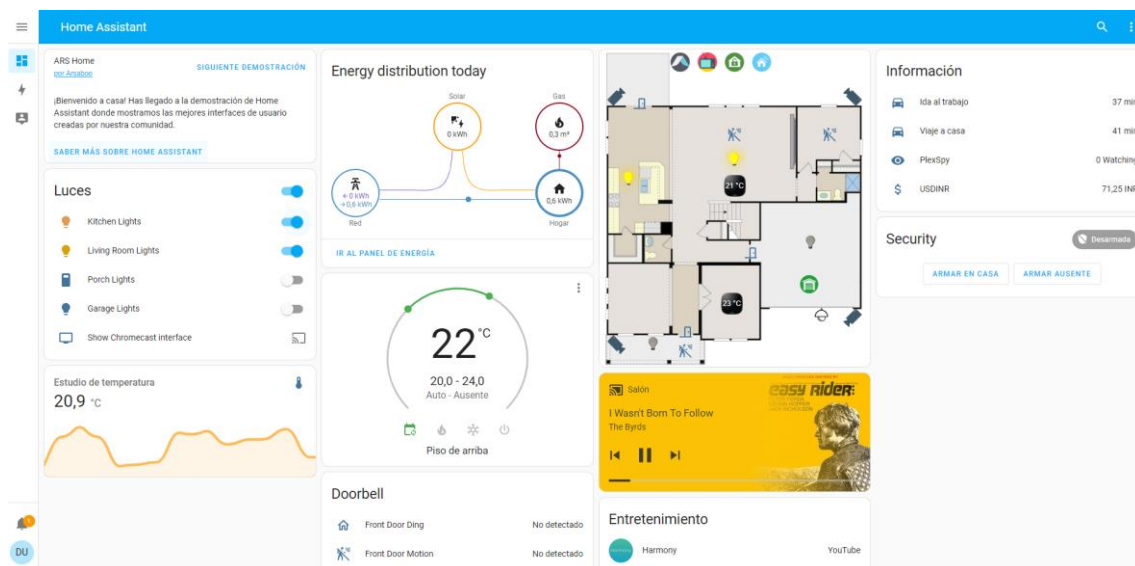


Figura 3.8: Exemple de panell de visualització de Home Assistant. Font: Home Assistant

La terminologia de la plataforma es basa en:

- Integracions: aplicacions que permeten connectar dispositius i serveis. En alguns casos, Home Assistant pot detectar automàticament dispositius a la xarxa local i suggerir la instal·lació d'algunes integracions.
- Dispositius: són aparells físics o virtuals amb els que la plataforma pot compartir informació.
- Entitats: designacions de menor nivell respecte dels dispositius, i poden estar integrades dintre d'un dispositiu. Poden ésser sensors que ofereixen mesures, actuadors per controlar quelcom, variables del sistema, etc.

- Automatitzacions: són programes que s'executen automàticament en resposta a un disparador i sota unes condicions donades.
- Scripts: són programes executables sota una ordre donada.
- Escenes: marcs en què es poden definir estats de diferents entitats, de manera que es poden activar o desactivar.
- Complementos: aplicacions de tercers que permeten oferir més funcions a la plataforma.

Gràcies a la implementació dels complementos, l'eXiT podria integrar programes propis de manera senzilla a Home Assistant.

Finalment, destacar el fet que, tot i instal·lar Home Assistant en una Raspberry, la base de dades pot ésser externalitzada de manera senzilla, fet que permet accedir-hi i obtenir-ne dades fàcilment.

3.1.5. OpenHAB

OpenHAB¹¹ és una plataforma creada el 2016, desenvolupada en Java i basada en la infraestructura d'Eclipse SmartHome, un projecte de la comunitat Eclipse Foundation, una organització sense ànim de lucre que administra projectes basats en codi obert.

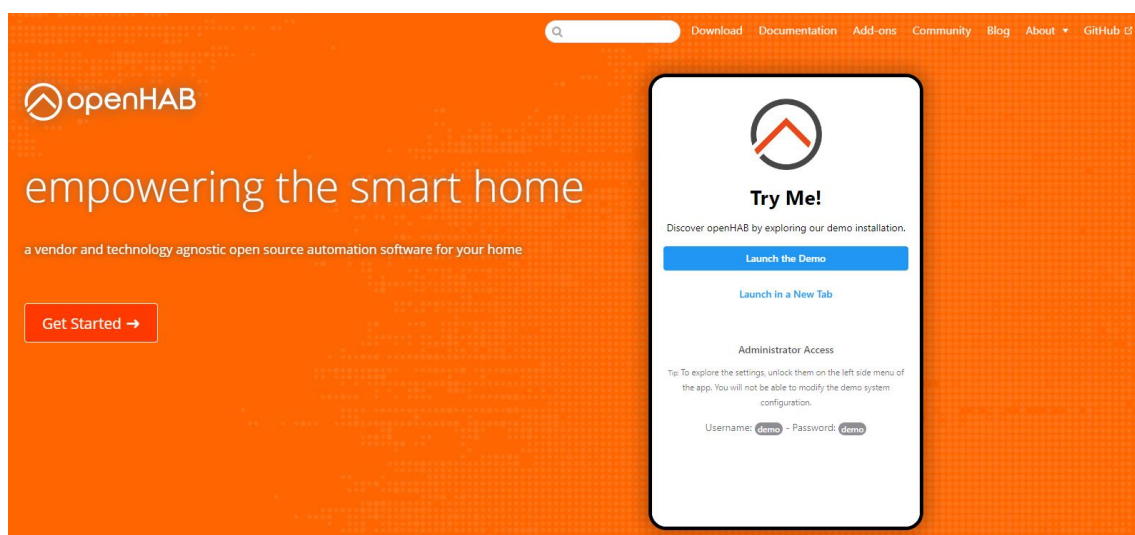


Figura 3.9: Portal web d'OpenHAB

¹¹ <https://www.openhab.org/>

OpenHAB està organitzat en els següents conceptes:

- Bindings: protocols de comunicació entre la plataforma i els dispositius.
- Things: dispositius físics o virtuals (com podria ésser un proveïdor online d'informació meteorològica). Un dispositiu (Thing) pot tenir associats diversos sensors (Items).
- Items: són els elements que representen la informació obtinguda per un Thing. Poden ser entesos com a sensors d'un dispositiu.
- Channels: és l'enllaç entre un Thing i un Item.
- Rules: regles que permeten a OpenHAB realitzar accions de manera automàtica.
- Pages: la manera de representar la informació a l'usuari.

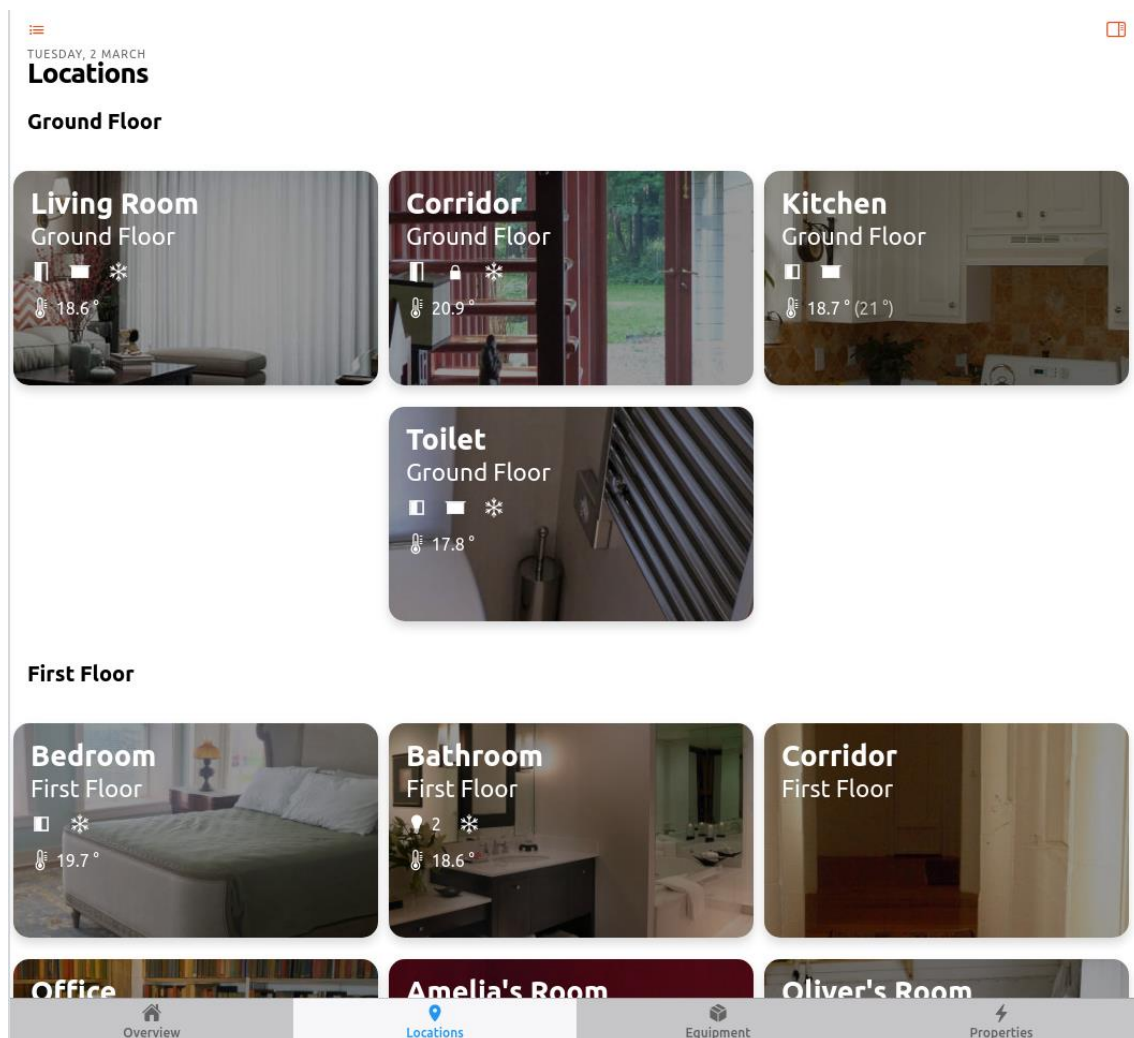


Figura 3.10: Exemple de panell de visualització d'OpenHAB. Font: OpenHAB

En el seu portal s'anuncia compatibilitat amb més de 2000 things, així com amb més de 200 tecnologies i sistemes diferents. Entre aquestes compatibilitats, destaquen protocols com MQTT, Zigbee o KNX. Algunes de les integracions que poden resultar interessants per a l'eXIT són les de fabricants com Fronius, Sönnen o Shelly, que permetrien una fàcil instal·lació d'aquests dispositius.

Al darrere d'OpenHAB hi ha una comunitat potent amb més de 43 mil usuaris que comparteixen noves integracions i solucions, així com també comparteixen dubtes i resolen problemes.

El sistema pot ésser instal·lat en Raspberry, i en ordinadors amb sistema operatiu Linux, macOS i Windows, així com en sistema Docker.

En termes no mesurables, es valora OpenHAB com un entorn que ofereix una interfície d'usuari menys intuïtiva que d'altres de la competència, fet que provoca una corba d'aprenentatge més lenta.

3.2. Selecció de la plataforma

S'han avaluat les 5 plataformes que s'han considerat com comercialment més reconegudes al mercat. A la Taula 3.1 s'ofereix un resum de totes elles en els aspectes més rellevants.

Entre aquestes plataformes, s'ha trobat una tendència a la baixa en els casos de Domoticz i de FHEM que fan descartar les opcions: tenen una compatibilitat amb productes i protocols limitada, i unes comunitats d'usuaris cada cop menor.

En el cas de les plataformes FHEM i ioBroker, les comunitats d'usuaris són predominantment d'idioma alemany, fet que comporta que les plataformes estiguin molt enfocades als seus mercats nacionals, i ofereixen una barrera idiomàtica dintre de les seves comunitats d'usuaris.

Taula 3.1: Comparativa entre les diferents plataformes avaluades

Plataforma	Instal·lació	Compatibilitats	Comunitat d'usuaris	Llenguatge
Domoticz	Raspberry Pi Docker Linux macOS Windows	Incompleta	30 mil	C++
FHEM	Raspberry Pi Linux Windows	400+	23 mil	Perl
ioBroker	Raspberry Pi Docker Windows	500+	30 mil	Javascript
Home Assistant	Raspberry Pi ODROID ASUSTinkerboard Docker Linux macOS Windows VirtualBox	2400+	172 mil	Python / YAML
OpenHAB	Raspberry Pi Docker Linux macOS Windows	2000+	43 mil	Java

En el cas de compatibilitats amb els dispositius presents al laboratori de l'eXiT, s'han considerat que les plataformes ioBroker, Home Assistant i OpenHAB són les que més poden interessar.

Finalment, la decisió ha estat favorable per a Home Assistant, gràcies a la seva gran comunitat, la seva interfície visual, atractiva i senzilla, amb una corba d'aprenentatge relativament ràpida (en comparació amb els seus rivals). A més, s'han tingut en compte punts a favor com ara la participació activa de la comunitat en el desenvolupament d'integracions com Sönnen, o la possibilitat de disposar de la base de dades en un servidor propi dedicat.

4. Home Assistant

Home Assistant és la plataforma escollida per integrar i agregar els diferents sistemes presents en el laboratori de l'eXiT i permetre així unificar-ho tot. S'ha pogut implementar satisfactòriament en el laboratori, incloent una interfície visual personalitzada i integrant, en aquesta primera fase d'implementació, el Sistema elèctric, el Sistema tèrmic i part de la instrumentació del Living lab.

4.1. Descripció

La plataforma consisteix en un panell de visualització principal i personalitzable (Lovelace) on es poden afegir diferents tipus de targetes corresponents a múltiples funcionalitats, com ara valors, gràfics o botons.

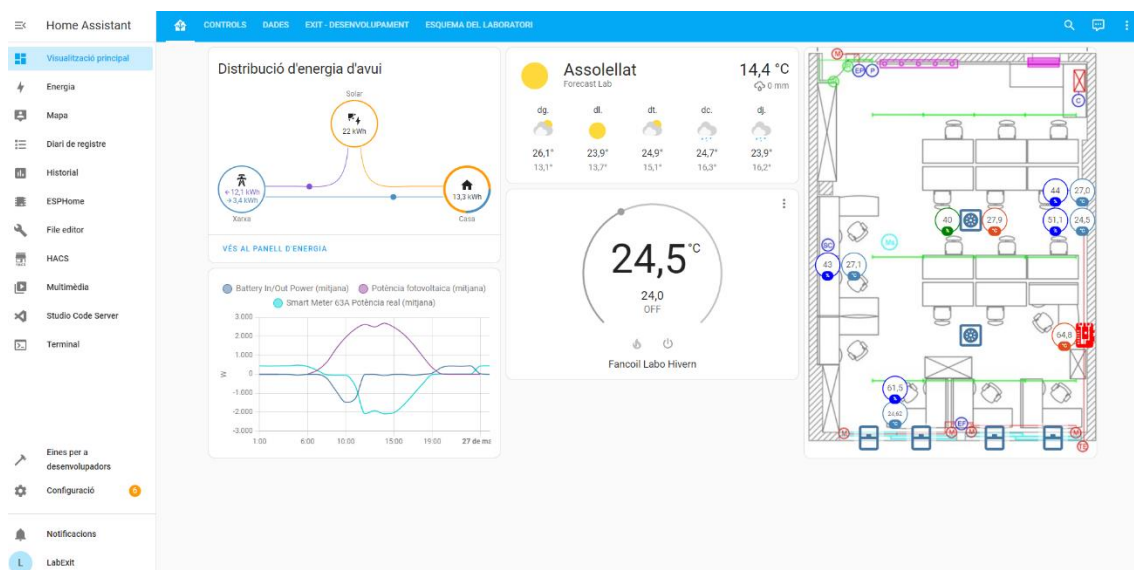


Figura 4.1: Panell de visualització principal de Home Assistant implementat a l'eXiT

Dintre del panell de visualització es permet monitoritzar i controlar totes aquelles variables, sensors i actuadors que s'hi hagin definit prèviament.

Home Assistant permet integrar multitud de sensors, dispositius i elements de diferents fabricants, alguns d'ells fins i tot és capaç de detectar-los automàticament. A més a més, permet realitzar automatitzacions i scripts de programes.

D'altra banda, la plataforma ofereix la possibilitat d'integrar aplicacions creades per tercers i d'accedir a la base de dades de manera externa.

Per a un aprofundiment de les funcionalitats que ofereix Home Assistant, veure l'annex B Manual Home Assistant.

4.2. Implementació

Home Assistant ha estat instal·lat en una Raspberry Pi 4 (veure l'apartat de l'annex B.1 Instal·lació). S'ha optat per aquest hardware considerant que és un hardware compacte i de baix consum, que permet disposar de manera dedicada i exclusiva per a aquesta finalitat. També amb l'objectiu d'analitzar la seva capacitat d'integrar i processar totes les necessitats de l'eXiT, atenent a la possible incorporació de codis per a la predicció, simulació i optimització del control del laboratori, amb l'objectiu d'avaluar la viabilitat de poder ésser instal·lat en clients finals; o si, alternativament, es requereix de potències de processat més gran de les que pot oferir la RPi.

4.2.1. Integracions

En aquesta primera fase d'implementació s'han pogut integrar:

- El Sistema elèctric (veure l'apartat 2.1).
- El Sistema tèrmic (veure l'apartat 2.2).
- Dintre del Living lab (veure l'apartat 2.3) s'han pogut integrar els sensors i actuadors del fabricant Shelly, així com també s'ha procedit a la instrumentalització remota del sistema d'actuació de les finestres.

La implementació de cada sistema o dispositiu ha estat completament independent l'un de l'altre, en funció de les especificacions i particularitats de cada element. A continuació es detalla cada element:

- Sistema elèctric:
 - o Fronius: integració de Home Assistant (veure l'apartat de l'annex B.3.1 Integracions de Home Assistant).
 - o Sönnen: integració de l'usuari Jan Weltmeyer mitjançant HACS (veure l'apartat de l'annex B.6 HACS).
- Sistema tèrmic:
 - o Modificació del programa de l'ESP32 per a l'enviament de les dades que recopila a Home Assistant mitjançant protocol MQTT (veure l'apartat de l'annex B.3.2 Entitats sota protocol MQTT).
 - o Implementació d'un nou sensor de pinça amperomètrica CT Clamp per a la mesura del consum total de la instal·lació del sistema tèrmic, en dispositiu ESP32 amb firmware ESPHome (veure l'apartat de l'annex B.3.3 ESPHome).
 - o Implementació d'un nou sensor DHT per a la mesura de la temperatura i la humitat de l'interior del living lab, en dispositiu ESP32 amb firmware ESPHome (veure l'apartat de l'annex B.3.3 ESPHome).
- Living lab:
 - o Dispositius Shelly: integració de tots els dispositius Shelly amb el seu protocol corresponent (Websocket o CoLoT) (veure l'apartat de l'annex B.3.1 Integracions de Home Assistant).
 - o Implementació d'una placa de 8 relés amb microcontrolador integrat ESP32 per al control de les 8 finestres. Implementació amb una connexió en paral·lel al sistema elèctric present anteriorment, amb firmware ESPHome (veure l'apartat de l'annex B.3.3 ESPHome).

S'han creat entitats per a un control visual mitjançant una targeta al panell principal per al sistema de climatització del laboratori i per al control de les finestres (veure l'apartat de l'annex B.3.4 Declaracions a configuration.yaml), així com també s'han implementat automatitzacions i scripts (veure els apartats de l'annex B.8 Automatitzacions i B.9 Scripts) per tal de millorar l'eficiència d'aquests sistemes (veure l'apartat 5 Automatitzacions i control).

D'altra banda, s'han instal·lat alguns complements per tal d'ajudar i assistir en el desenvolupament de les funcions requerides per a l'eXiT (veure l'apartat de l'annex B.4 Complementos), a destacar la creació periòdica de còpies de seguretat al núvol de Google Drive, o les eines de Studio Code Server o Terminal.

Finalment, s'ha externalitzat la base de dades a un servidor local (veure l'apartat de l'annex B.5 Base de dades externa) per tal de poder-hi tenir accés remot i directe.

4.2.2. Interfície d'usuari

S'ha dissenyat una interfície visual, a partir de les capacitats i funcionalitats que ofereix Home Assistant (veure l'apartat de l'annex B.7 Configuració de Lovelace), ideada en diverses Visualitzacions:

- Home (veure la Figura 4.2): panell de visualització de l'estat del Sistema elèctric (veure l'apartat 2.1), predicció de temps amb configuració de temperatura de la sala (tan sols seleccionant la temperatura de consigna mitjançant el control de rodeta, Home Assistant automàticament ajusta la temperatura de la sala, prenent com a valor de referència la temperatura mesurada pel sensor Shelly Plus H&T), i un plànol del living lab amb la mesura de cada sensor i els actuadors corresponents ubicats en el seu emplaçament real.

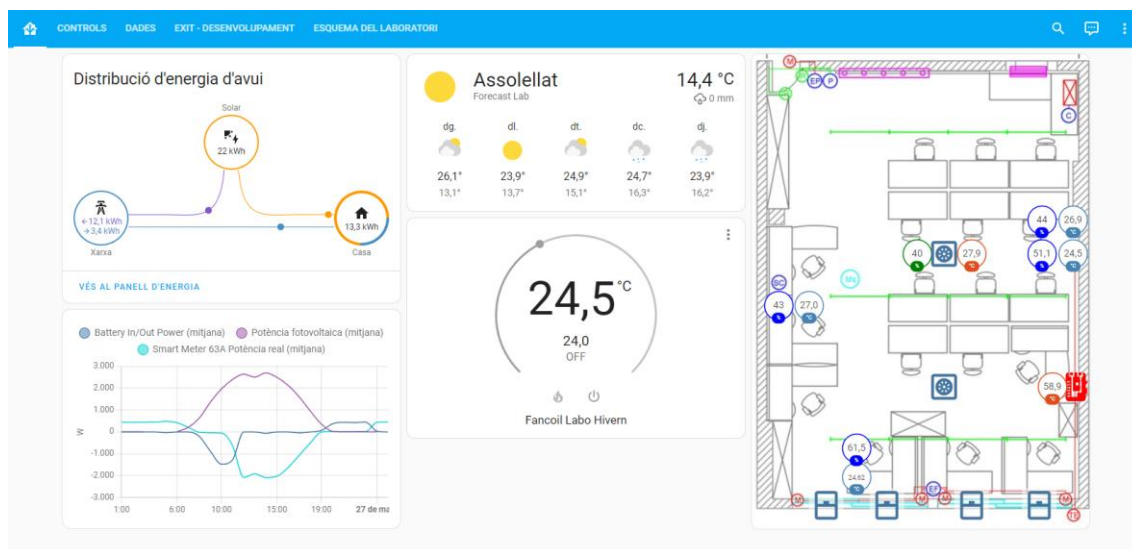


Figura 4.2: Visualització Home de la implementació de Home Assistant

- Controls (veure la Figura 4.3): es disposen els controls manuals per activar o desactivar els actuadors (tan sols clicant sobre les icones de les finestres – obertura, aturada o tancament individual; alternativament s'han disposat botons per realitzar un control agrupat i uníson de les 4 finestres alhora – i fancoil), així com estadístiques i gràfics dels seus estats i/o canvis durant els 7 dies anteriors.

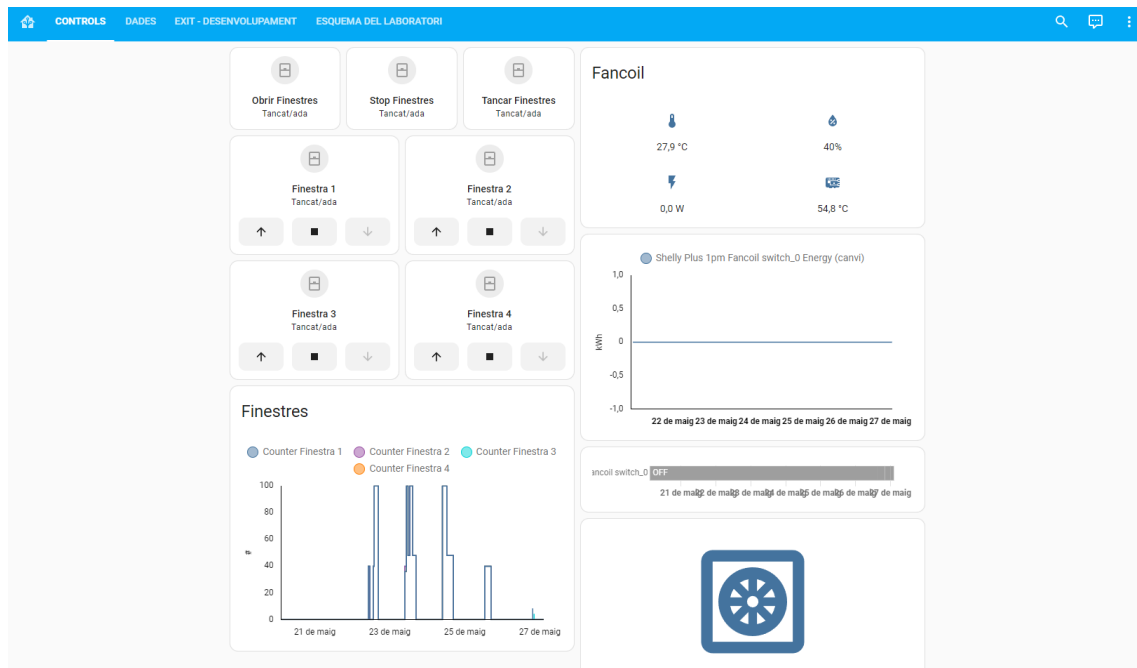


Figura 4.3: Visualització Control de la implementació de Home Assistant

- Dades (veure la Figura 4.4): es mostren històrics de dades monitoritzades al laboratori, així com un panell lateral amb valors actuals dels diferents sensors.



Figura 4.4: Visualització Dades de la implementació de Home Assistant

A tenir en compte que l'històric de totes les dades mostrejades i monitoritzades es pot cercar a la finestra Historial, accessible des del panell lateral de Home Assistant (veure l'apartat de l'annex B.2.3 Historial per a més informació sobre com accedir i utilitzar la interfície d'aquesta funcionalitat, així com l'apartat de l'annex B.5 Base de dades externa per a més informació per a l'extracció i descàrrega de dades des de la base de dades del servidor extern de Home Assistant)

- eXiT – Desenvolupament (veure la Figura 4.5): panell auxiliar per al desenvolupament de noves integracions i implementacions. En el moment de la captura de pantalla, es poden observar implementacions de mesures de flexibilitat, així com de botons de canvi de mode de la bateria Sonnen del sistema elèctric del laboratori.

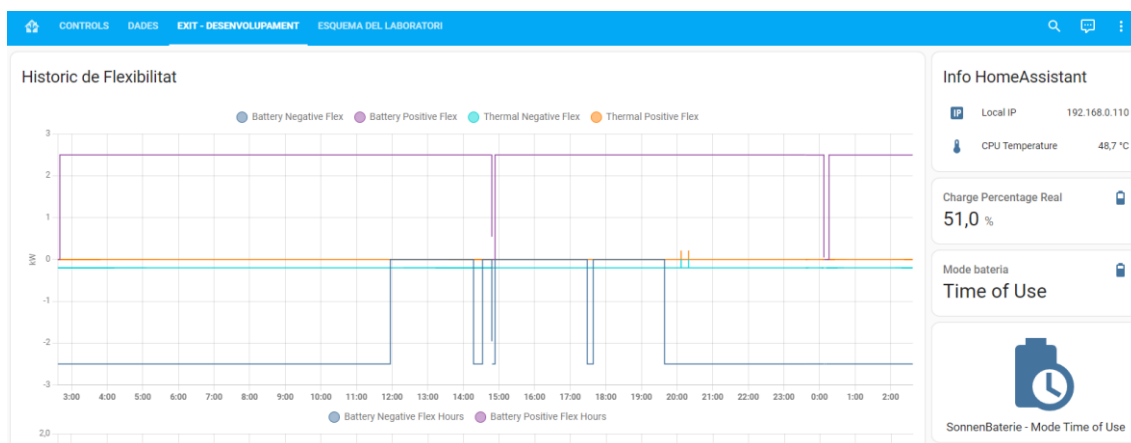


Figura 4.5: Visualització eXiT – Desenvolupament de la implementació de Home Assistant

- Esquema del laboratori (veure la Figura 4.6): s'inclou el diagrama d'interconnexions del laboratori de l'eXiT.

4.3. Nou esquema general

En transposició amb l'esquema general anterior (veure l'apartat 2.4 Esquema general), s'ha assolit una integració parcial de diferents sistemes a una plataforma d'agregació, mitjançant la qual es poden controlar diferents actuadors a partir de variables procedents de sistemes independents.

S'observa com les plataformes del Sistema elèctric, el Sistema tèrmic i algunes del Living lab (els dispositius de la xarxa del fabricant Shelly, i la nova integració de control remot de les finestres del laboratori) han pogut ésser agregades a Home Assistant, mantenint en tots els casos les bases de dades originals, duplicant-les per disposar d'un nou històric integrat a la base de dades de Home Assistant.

No obstant, a data d'aquest projecte no ha estat possible la integració dels sistemes formats per xarxes de dispositius del fabricants Libelium i Phidgets. En aquest cas, resta pendent la realització de projectes per poder-los integrar definitivament a la xarxa de Home Assistant (veure l'apartat 7.2 Propostes de millora i futures implementacions).

La implementació realitzada permet realitzar controls i automatitzacions entre diferents plataformes i serveis. Aquest fet pot ajudar a crear llaços i avaluar interdependències entre variables de diferents sistemes, així com per a una anàlisi transversal dels efectes que pot provocar el control sobre determinats elements en variables d'altres sistemes (per exemple, quins efectes podrien provocar que el sistema tèrmic acumuli energia en el dipòsit d'inèrcia durant les hores d'excedent fotovoltaic, activant el sistema de climatització durant la nit, i utilitzant l'oficina com a espai d'inèrcia tèrmica?).

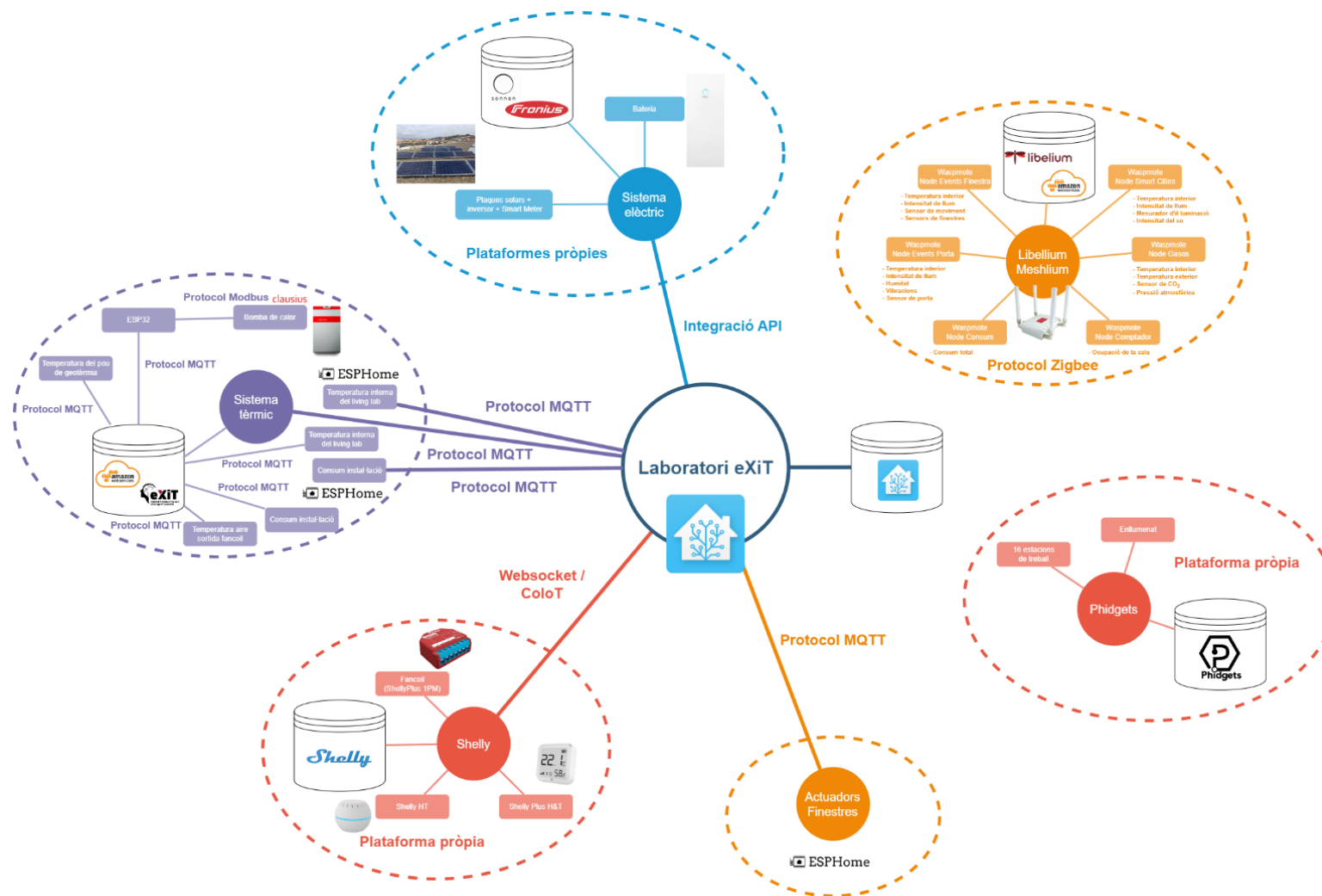


Figura 4.6: Estat d'implementació de Home Assistant al laboratori de l'eXiT

5. Automatitzacions i controls

A fi i efecte de verificar les oportunitats de millora de l'eficiència energètica que suposa una plataforma d'agregació com Home Assistant en una planta pilot, s'han elaborat dos controls amb la finalitat de reduir el consum elèctric del laboratori. En ambdós casos s'ha realitzat el control sobre la temperatura interior de l'oficina, però actuant sobre diferents sistemes:

- Control de la climatització: s'han determinat automatitzacions i regles d'actuació del sistema de climatització per tal de reduir el consum durant l'època hivernal.
- Control de les finestres: s'ha implementat un sistema de control de les finestres, desenvolupat en base a diferents variables del sistema, per tal d'aprofitar la ventilació natural en època d'entretemps i optimitzar l'eficiència de la planta pilot, disminuint el consum en evitar l'activació del sistema de climatització.

En aquest sentit, un ús més eficient del sistema de climatització pot permetre, lògicament, una reducció en la despesa directa de l'energia en el propi sistema, però per vasos comunicants habilita una reducció en el consum d'energia del dipòsit d'acumulació i, per tant, una reducció en el temps d'ús de la bomba de calor de la geotèrmia i, en definitiva, un gran estalvi en termes econòmics i energètics.

Els exemples exposats en aquest apartat poden permetre traçar una línia de treball cap a l'elaboració de programes d'intel·ligència artificial que, amb l'ajuda d'eines de predicció, permetin optimitzar l'ús del sistema de climatització aprofitant les inèrcies tèrmiques de l'oficina i del dipòsit com a acumulacions d'energia, ajustant les temperatures d'aquests espais als usos habituals del laboratori, i adaptant l'activació de la bomba de calor no per mantenir una consigna de temperatura de dipòsit constant, sinó una consigna variable en funció de les prediccions de necessitats energètiques.

5.1. Control de la climatització

S'ha realitzat un control basat en la temperatura interna de la sala, prenent com a referència la mesura del dispositiu Shelly Plus H&T, i en una consigna temporal (limitant les hores de funcionament entre les 8h del matí i les 18h en dies laborables, i mantenint-

lo desconnectat durant els caps de setmana). A més, s'ha configurat el termòstat amb una tolerància de 0.2 °C per sobre i per sota del valor de consigna (per a més informació, veure l'apartat 5.1.1 Detall del programa, així com l'apartat de l'annex B.8 Automatitzacions).

5.1.1. Detall del programa

En el cas del control de la climatització, s'ha utilitzat la funcionalitat integrada de l'entitat *climate* de Home Assistant (concretament la integració que s'ofereix mitjançant l'eina *generic thermostat*¹²), la qual permet configurar els paràmetres bàsics del control del sistema de climatització:

- Dispositiu de climatització.
- Dispositiu que ofereix la mesura de temperatura.
- Toleràncies de temperatura: en mode hivern, a quina temperatura per sobre de la consigna es desactiva el fancoil, i per sota de quina temperatura s'activa.

Les dades anteriors són programades en format codi en llenguatge YAML a Home Assistant (veure l'apartat de l'annex B.8 Automatitzacions).

Posteriorment, s'ha configurat un control horari de funcionament del control de la climatització (veure la Figura 5.1), activat els dies laborables a partir de les 8h del matí, i desactivat a les 18h.

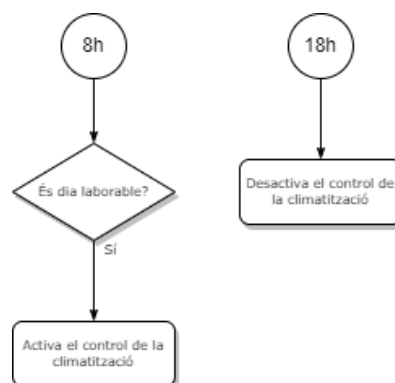


Figura 5.1: Diagrama de procés dels controls horaris d'activació del control de la climatització

¹² https://www.home-assistant.io/integrations/generic_thermostat/

5.1.2. Anàlisi de resultats

Per a l'anàlisi de dades, s'ha tingut en compte la data en què va ser implementat el codi del control de temperatura de la calefacció del living lab a Home Assistant (dia 21 de febrer de 2023), i s'ha agafat com a mostra un mes sencer de dades. Així doncs, es pren com a període de mostreig entre el 22 de febrer a les 9am i el 22 de març a les 9am. Entre aquestes dates, s'ha comparat amb el mateix període de l'any anterior, època en què es realitzava un control manual mitjançant un regulador analògic de temperatura. En aquest sentit, no es pot determinar la consigna de temperatura del període de l'any 2022, però amb les dades obtingudes sí es pot determinar tant els períodes en què el fancoil es va activar per regular la temperatura de la sala, com la bomba de calor de la geotèrmia per regular la temperatura del dipòsit d'inèrcia.

Degut que les mesures monitoritzades a Home Assistant s'han implementat l'any 2023, es decideix prendre com a valors en ambdós períodes les dades recopilades a la base de dades de l'eXiT a la plataforma de Geotèrmia (veure l'apartat 2.2 Sistema tèrmic).

Per tal de contrastar les dades tenint en compte el context climatològic, s'ha realitzat una primera anàlisi en relació a la temperatura exterior del període avaluat (veure la Figura 5.2). Es pot observar com la temperatura és oscil·lant, durant gran part del període, entre -5 i +5 °C. En aquest període, doncs, on més rellevants poden arribar a ser les dades és durant la primera quinzena (del dia 22 de febrer al dia 7 de març), on la temperatura enregistrada és, en valor mig, de 2 °C inferior en l'any 2023 respecte de l'any 2022. És, per tant, un període on seria oportú considerar que el consum d'energia hauria d'ésser més alt en el període 2023 per aconseguir mantenir una consigna de temperatura confortable a l'interior de la sala.

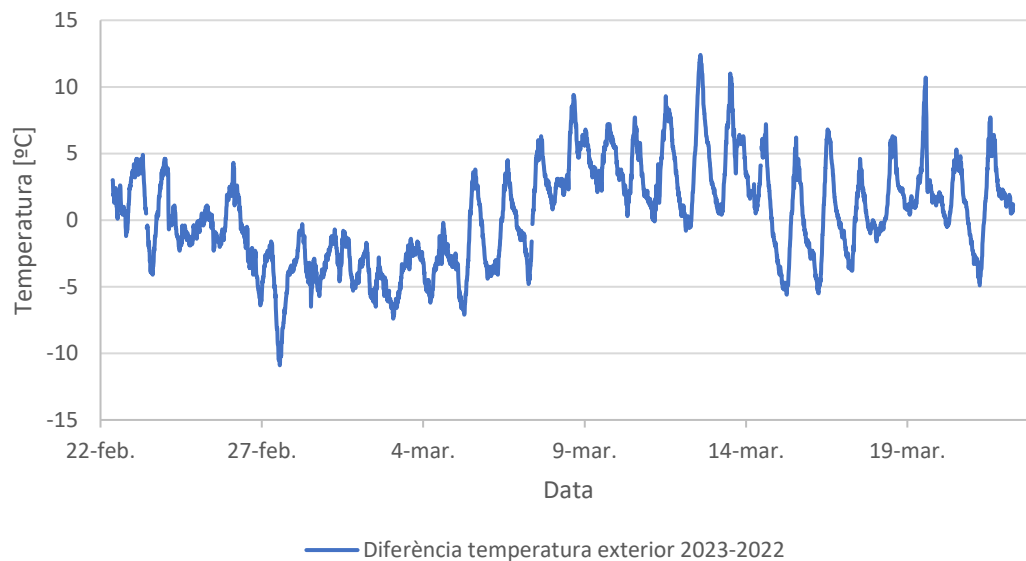


Figura 5.2: Diferència de temperatura entre els períodes de 22 de febrer a 22 de març de l'any 2023 respecte de l'any 2022

En aquest cas, a la Figura 5.3 s'observa com el consum d'energia és molt superior en el període de l'any 2022 respecte del mateix període de 2023. Així, es pot observar com, tot i ésser un període més fred el de l'any 2023, el consum d'energia és molt inferior respecte al de l'any anterior.

Tenint en compte el mes complet, en què la mitjana de temperatura ha estat de 4 dècimes superior en l'any 2023, és obvi que el consum és encara més inferior al de l'any anterior. De fet, es pot observar com les dents de serra de la corba de 2023 desapareixen, degut al fet que el fancoil deixa d'activar-se gairebé en tot el dia, degut que les temperatures a l'interior de la sala es mantenen en nivells de confort.

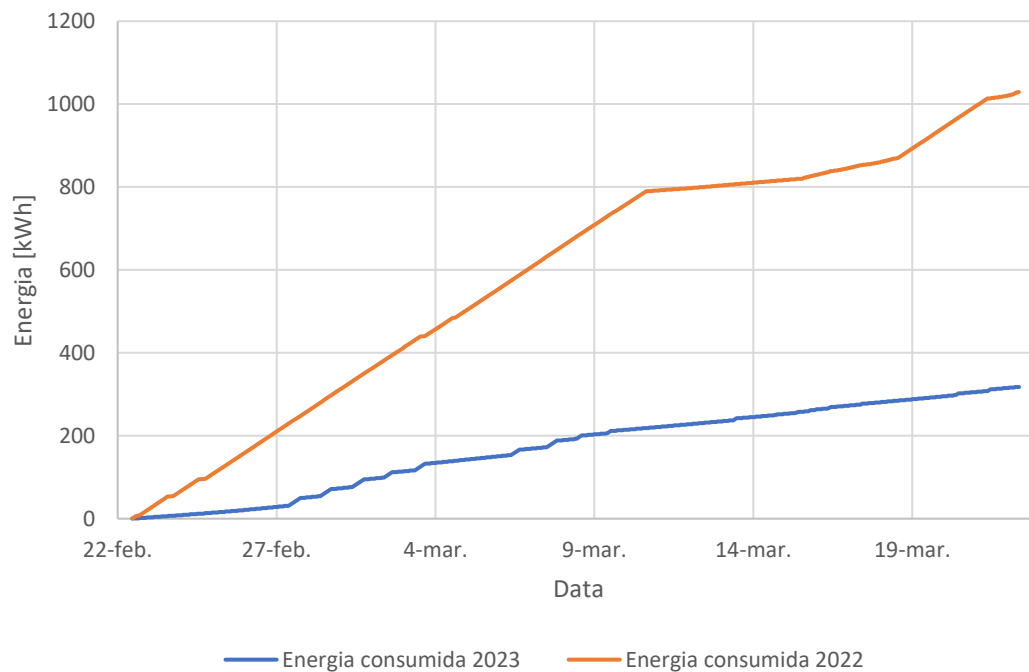


Figura 5.3: Comparativa entre el consum d'energia entre els períodes de 22 de febrer a 22 de març de l'any 2023 respecte de l'any 2022

D'altra banda, analitzant únicament la corba de la regulació implementada a Home Assistant (Figura 5.4) es poden observar dos perfils ben diferenciats:

- Perfil amb dents de serra: períodes en què el sistema es troba regulant el sistema calefactor per mantenir la temperatura de l'interior de la sala en el valor de consigna.
- Perfil de pendent constant: períodes en què el control de regulació no activa el sistema. Aquest consum residual és degut a l'actuació de la bomba de calor per mantenir la temperatura del dipòsit d'inèrcia. Aquests períodes de pendent constant es poden identificar com a caps de setmana (24 a 27 de febrer, 4 a 6 de març) i com a períodes en què la temperatura exterior és prou alta, i per tant la temperatura a l'interior de la sala és calefactada per la meteorologia exterior, en una magnitud tal com per no haver d'ésser necessari l'actuació del sistema de climatització del laboratori.

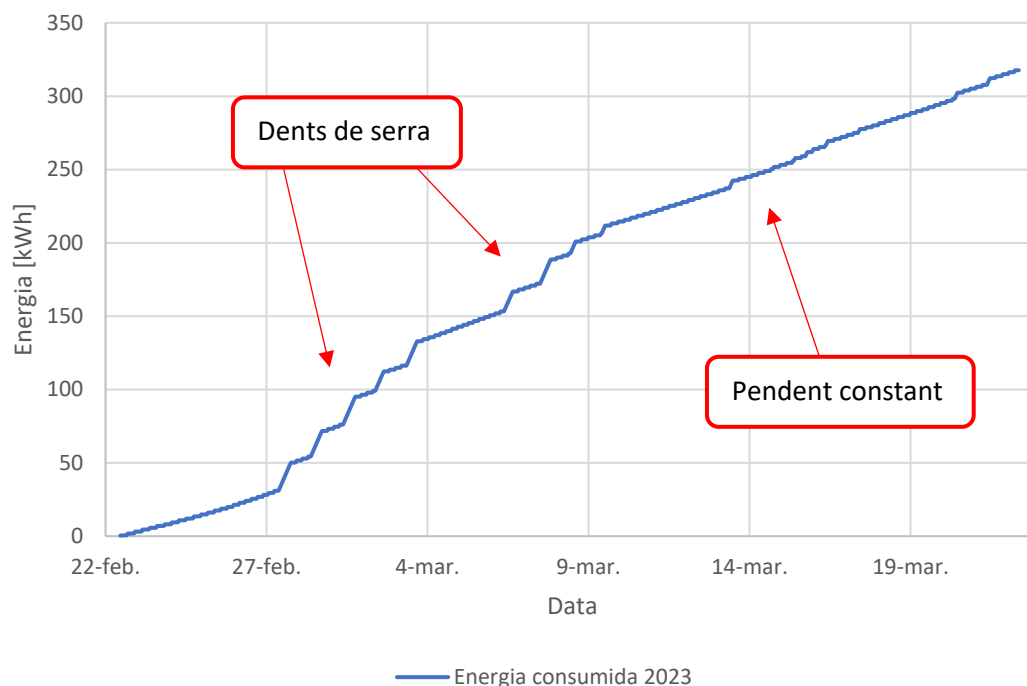


Figura 5.4: Corba del perfil del consum d'energia de l'any 2023 en el període de calefacció del 22 de febrer al 22 de març

Tot i que la monitorització del consum de potència al laboratori, anteriorment a la implementació de Home Assistant, era agregat entre el consum del fancoil i el consum de la bomba de calor de la geotèrmia, es pot desagregar d'una manera aproximada aprofitant la quantificació en la mesura del consum del fancoil actualment amb Home Assistant (s'ha pogut verificar que el fancoil consumeix aproximadament 200 W). Així doncs, s'obtenen gràfiques relatives a l'estat del fancoil – encès o apagat – (veure la Figura 5.5: Estat del fancoil en el període mostrejat del 22 de febrer al 22 de març 2022 i la Figura 5.6), on es pot observar un consum molt més elevat del fancoil durant el període de l'any 2022. Aquest fet, analitzant les dades en profunditat, es pot deure atenent a diversos esdeveniments, corregits gràcies al control implementat a Home Assistant:

- Consigna de temperatura alta, possiblement per sobre de valors de confort.
- Manca de control en hores de descans: s'observa períodes d'encesa nocturns i en horari de cap de setmana.

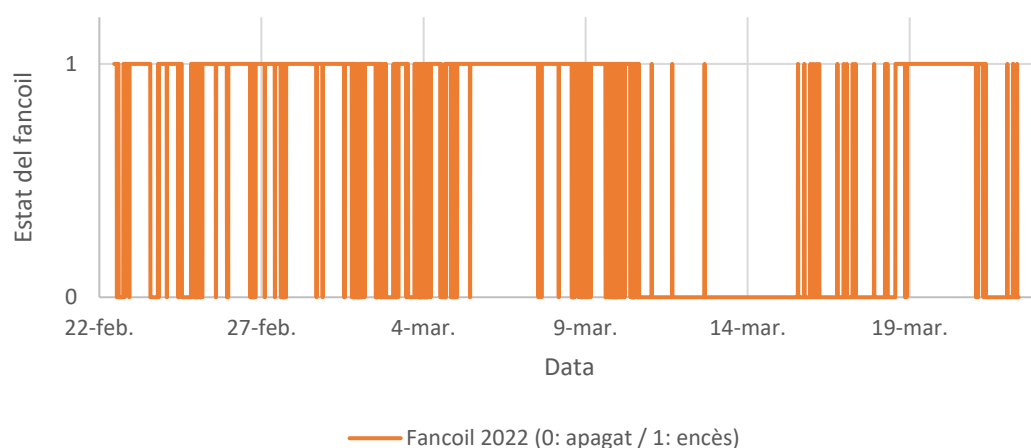


Figura 5.5: Estat del fancoil en el període mostrejat del 22 de febrer al 22 de març 2022

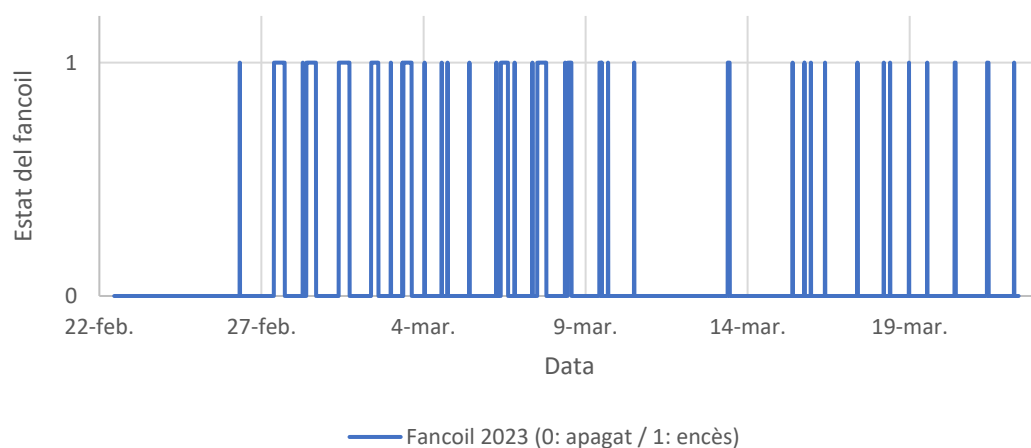


Figura 5.6: Estat del fancoil en el període mostrejat del 22 de febrer al 22 de març 2023

5.1.3. Avaluació de l'impacte

Quantificant les xifres avaluades a l'apartat 5.1.2 Anàlisi de resultats, es pot determinar que l'estalvi energètic en el període avaluat ha estat aproximadament del 70% (reducció del consum d'aproximadament 1 MWh fins a uns 300 kWh, que representen una diferència de 700 kWh). Aquest fet és conseqüència d'una reducció de les hores d'activitat del fancoil en un 85% (de 390 hores l'any 2022, fins a tan sols 59 hores l'any 2023) fet que ha comportat una reducció en la demanda energètica del dipòsit d'acumulació i, per tant, una despesa menor de la bomba de calor del sistema de geotèrmia (de 489 hores l'any 2022, fins a 163 hores l'any 2023, una reducció d'un 67%).

A tenir en compte que la reducció del consum de 700 kWh pot representar, en termes del mercat energètic actual¹³, un estalvi econòmic valorat en aproximadament 100 euros, havent estat aplicat tan sols un control horari i una adequació de la consigna de temperatura a un estat de confort en el sistema de climatització del laboratori.

A més, a tenir en compte que, a data d'aquest estudi, el sistema tèrmic no es trobava plenament integrat a Home Assistant, de manera que no es disposava de control ni de monitorització del sistema de geotèrmia (sistema integrat pel pou, la bomba de calor i el dipòsit d'inèrcia). Per tant, és deduïble que un control sobre la bomba de calor podria incrementar l'eficiència global del laboratori, reduint encara més el consum. Així, en previsió que el sistema de calefacció podria deixar d'ésser necessari de mantenir-ne la temperatura constantment en una consigna d'hivern de 50 °C, i observant la velocitat en què és capaç de recuperar la temperatura al dipòsit d'inèrcia, es podria avaluar fins a quins paràmetres es podria deixar disminuir la temperatura tot augmentant-ne l'eficiència del sistema.

Com a propostes de millora del sistema resta, per tant, l'aplicació d'un control sobre el sistema tèrmic de geotèrmia. En aquest cas, es podria valorar un control no tan sols d'estat (encesa / apagada), sinó també un control que permeti adequar la consigna de temperatura del dipòsit d'inèrcia per tal d'ajustar el consum energètic de la bomba de calor a les demandes calorífiques de la sala.

5.2. Control de les finestres

Gràcies a la implementació dels actuadors remots d'obertura i tancament de les finestres s'ha pogut implementar un control sobre l'estat de les finestres.

A diferència del control de la climatització de l'apartat 5.1, el control de les finestres és molt més elaborat i complex, atenent a diferents variables del sistema com la meteorologia exterior, la temperatura interna i la consigna de la temperatura objectiu, així com la implementació de controls horaris i d'estat de les finestres.

¹³ S'ha pres com a valor de referència una tarifa habitual d'Endesa, aproximadament 0.15 €/kWh: <https://www.endesa.com/es/luz-y-gas/luz/one/tarifa-one-luz>

5.2.1. Detall del programa

El control sobre l'estat de les finestres s'ha realitzat des de diferents apartats de Home Assistant (per a un aprofundiment en la configuració del control, veure l'apartat de l'annex B.9 Scripts).

Per una banda, s'ha configurat cada finestra de manera individual mitjançant la funcionalitat *cover*¹⁴ integrada a Home Assistant, la qual està dissenyada especialment per al control de tancaments com finestres, persianes o portes, i ofereix la possibilitat de configuració dels dispositius o serveis que controlen la obertura i el tancament, així com l'aturada del sistema. També ofereix incloure mesures d'estat (obert / tancat, o de mesures progressives d'estat numèric).

En aquest cas, per a la definició de les variables *cover* programades en codi YAML s'han inclòs controladors numèrics avaluats en funció del temps (atenent a un temps d'obertura mesurat de 25 segons, s'ha programat un comptador percentual que avalua la posició de la finestra en percentatge segons el temps d'obertura respecte a la referència de la obertura total), s'han previst la inclusió dels senyals dels estats de les finestres monitoritzats pels dispositius Waspnotes (veure l'apartat 2.3 Living lab – Node Esdeveniments Finestres), i s'han relacionat les obertures i els tancaments amb crides als seus respectius scripts. Paral·lelament, s'han definit variables d'estat de les finestres per als processos d'obertura i tancament.

S'han definit programes per a l'obertura, tancament i aturada de cada finestra (veure els algorismes de la Figura 5.7), els quals estan relacionats amb automatitzacions que controlen les variables d'estat de l'obertura percentual de les finestres (veure la Figura 5.8), disparant-se contínuament a cada segon per comprovar si una finestra s'està obrint o tancant i modificar, en conseqüència, i d'acord a un patró temporal de 4% per cada segon (per tant, el 100% s'assoleix en 25 segons), la variable d'estat.

Mitjançant les covers definides i la implementació dels scripts i automatitzacions anteriors, es pot definir un control manual d'obertura i tancament de les finestres, implementat a la interfície visual a l'apartat de "Controls" (veure l'apartat 4.2.2).

¹⁴ <https://www.home-assistant.io/integrations/cover/>

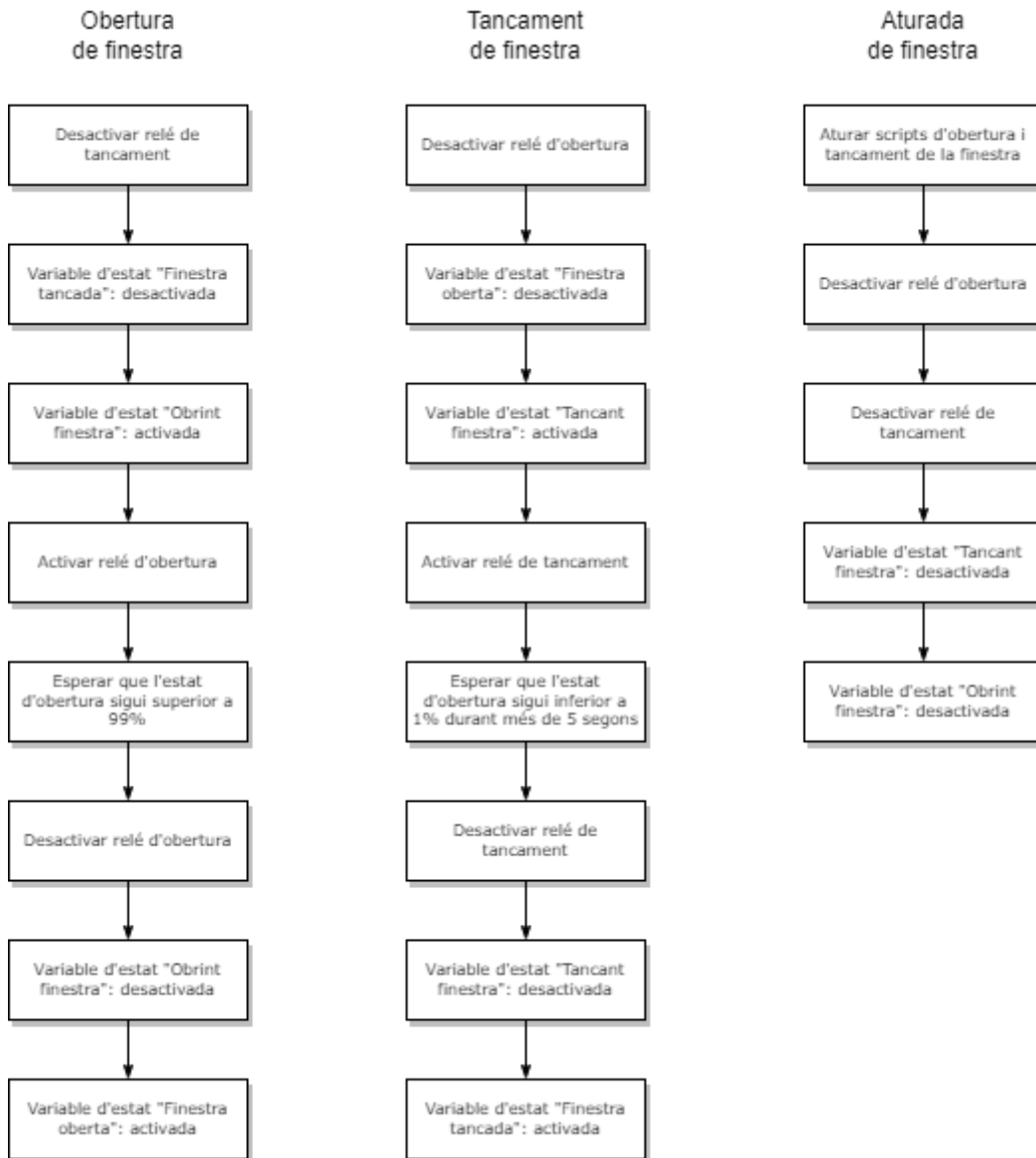


Figura 5.7: Algorismes dels scripts de les finestres

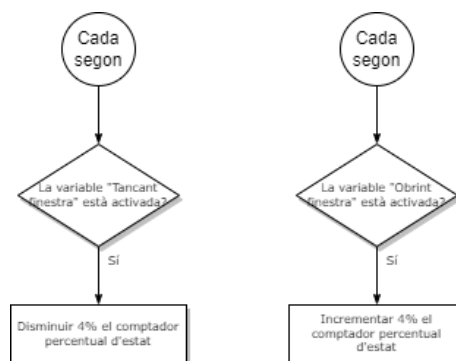


Figura 5.8: Algorismes de les automatitzacions per a la progressió percentual de les variables d'estat d'obertura de les finestres

Un cop definits els scripts de les finestres, es pot procedir a l'elaboració d'algorismes per al control de les finestres. S'han definit quatre automatitzacions:

- Obertura de finestres: control d'obertura de les finestres atenent a unes condicions donades (veure la Figura 5.10). En cas de meteorologia adversa, s'estableix una consigna d'obertura del 50%. En cas contrari, l'script d'obertura de les finestres atura de manera autònoma l'obertura en assolir el 100%.
- Tancament de finestres: control del tancament de les finestres durant l'horari laboral, en cas que la temperatura de la sala sigui inferior a la temperatura de consigna (veure la Figura 5.9).
- Tancament de finestres – horari o fancoil: tancament en cas que les finestres estiguin obertes en assolir el final de la jornada laboral o l'activació del sistema de climatització del laboratori (veure la Figura 5.9).
- Tancament de finestres – meteorologia: tancament d'aquelles finestres que estiguin obertes al 100% fins a un 50% en cas de canvis a una meteorologia adversa (veure la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Figura 5.9: Algorismes per al tancament de les finestres sota diferents casuístiques

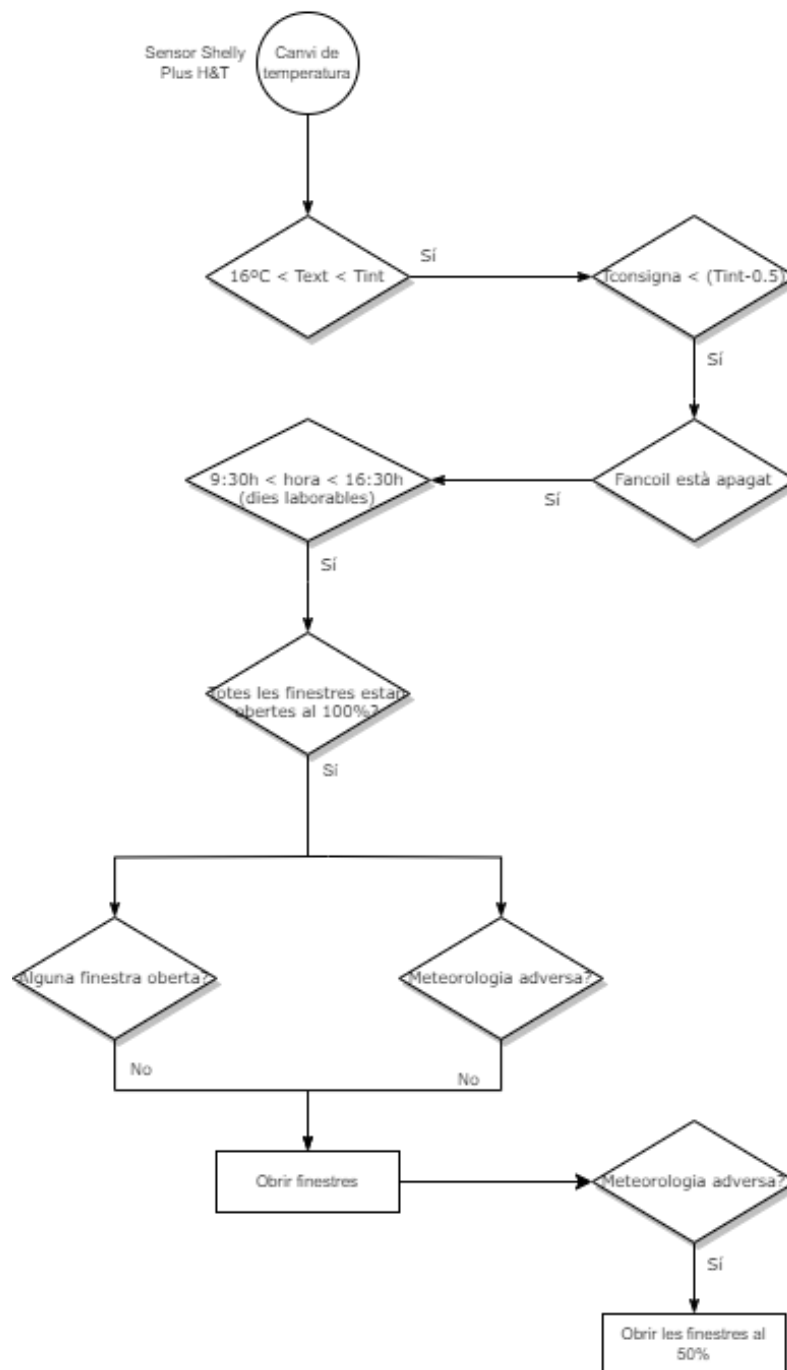


Figura 5.10: Algorisme de control d'obertura de les finestres

5.2.2. Anàlisi de resultats

Per a l'anàlisi de dades s'ha cercat un període en el qual les condicions climatològiques fossin representativament comparables, del 2022 (condicions del laboratori prèvies a la implementació de la plataforma d'agregació) i del 2023 (amb les mesures de control implementades al sistema de Home Assistant). En aquest sentit, s'ha trobat una

setmana del mes de maig de 2022 (del dia 9 al dia 16) que és comparable en termes meteorològics amb una setmana del mes de maig de 2023 (del dia 3 al dia 10).

A la Figura 5.11 es poden observar les diferències de temperatures de les setmanes d'ambdós anys, obtenint una diferència de temperatura mitjana en el període 0.9 °C inferior l'any 2023, agreujada per un pic de mínims d'un dia i una franja horària determinades. Avaluant la resta del període, s'observa una gran similitud, magnificada en avaluar els perfils de temperatura (veure la Figura 5.12).

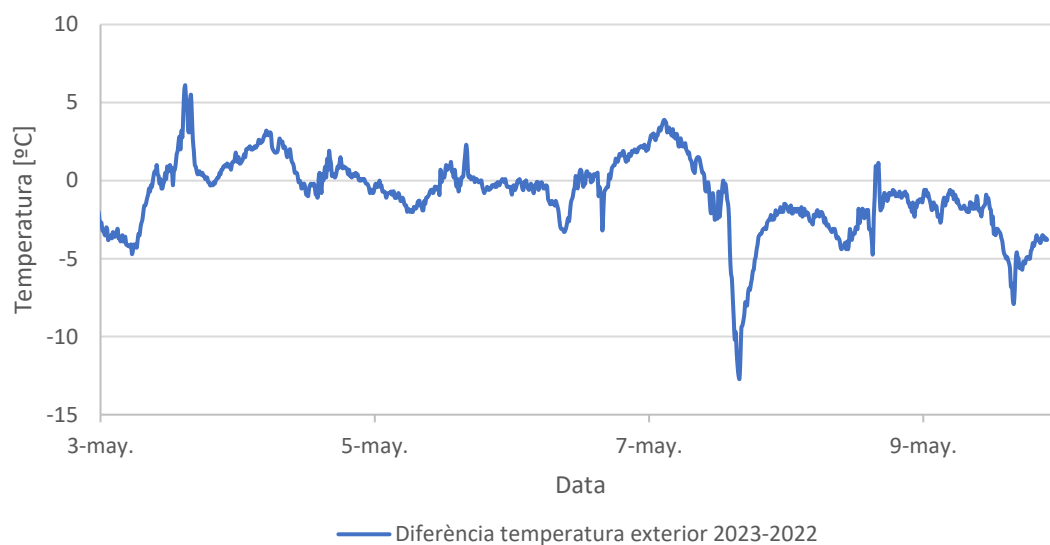


Figura 5.11: Diferència de temperatura entre els períodes del 3 de maig a 10 de maig de l'any 2023 respecte del 9 de maig al 16 de maig de l'any 2022

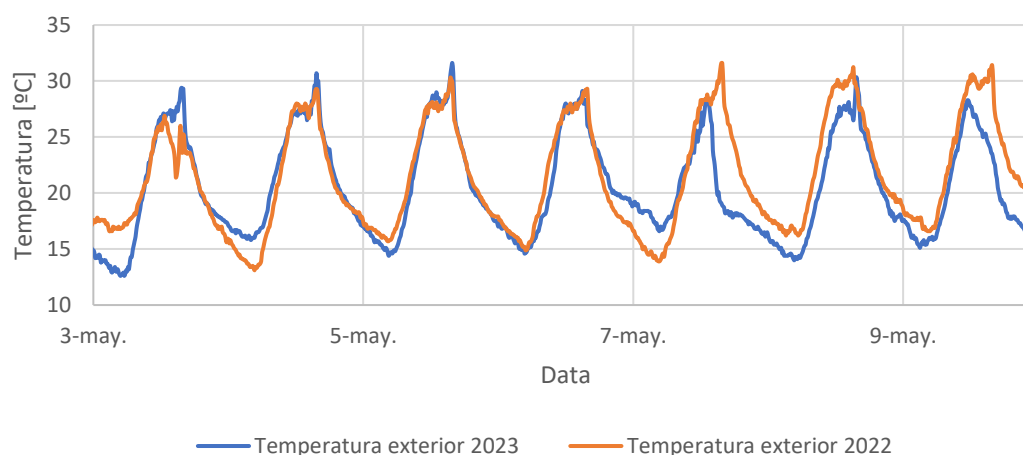


Figura 5.12: Perfils de temperatura del període d'estudi de 2022 i 2023

Un cop validats els períodes d'estudi, es procedeix a verificar les dades obtingudes en relació al control de les finestres. En aquest cas, es disposen de dades sobre els estats del sistema de climatització de les oficines del laboratori de l'eXiT. En aquest cas, a la Figura 5.13 s'observa que l'any 2023 ha estat desconnectat completament, de manera que el laboratori ha estat regulant la seva temperatura mitjançant únicament el control de finestres. En canvi, el sistema de climatització del laboratori va estar en funcionament durant gran part de la setmana avaluada (durant aproximadament 134 hores, que representen un 80% del temps). A més, s'observa com roman en funcionament durant diversos dies consecutius.

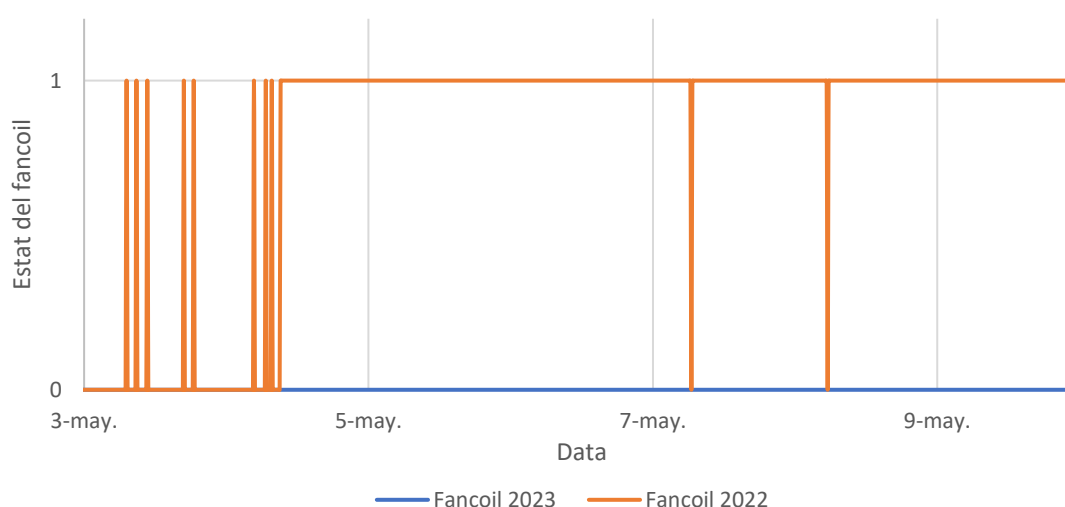


Figura 5.13: Estats del fancoil durant els períodes avaluats dels anys 2022 i 2023

A la Figura 5.14 es pot observar la corba de potència consumida del sistema agregat de climatització format per la bomba de calor de geotèrmia i el fancoil, durant el període avaluat de l'any 2022. Aquest consum es pot estimar en 100 kWh durant el període setmanal, el qual s'aproparia a un cost de 60 euros mensuals.

D'altra banda, a partir del temps d'activitat aïllada del fancoil, es pot establir un consum energètic durant el període setmanal de 26.7 kWh, que corresponen a un cost d'uns 16 euros mensuals. És a dir, aproximadament el 25% del consum del sistema de climatització correspon al fancoil.

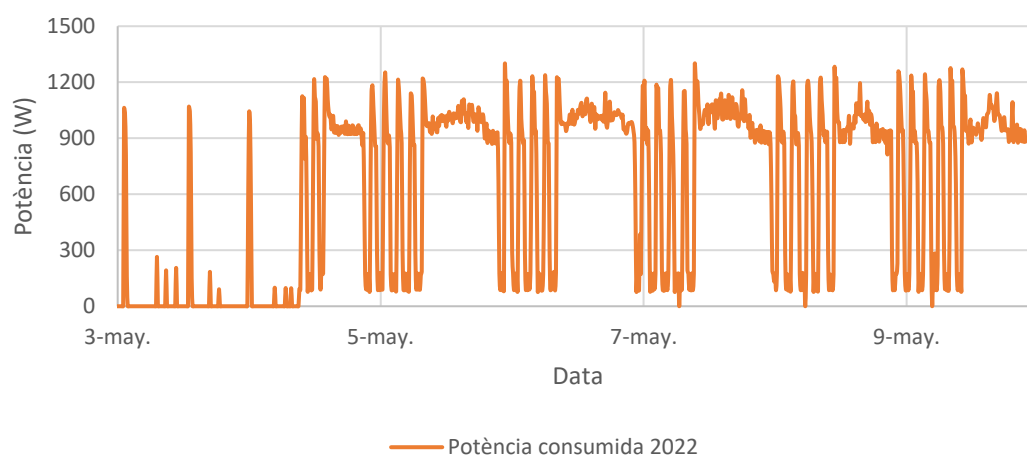


Figura 5.14: Corba de consum de potència elèctrica del sistema agregat de climatització i geotèrmia

Durant el període avaluat de l'any 2023, es pot observar a la Figura 5.15 l'estat de l'obertura de les finestres. Durant els períodes a primera hora del matí, les finestres s'obren parcialment degut a la baixa temperatura exterior, la qual penalitza la sensació de confort dels treballadors. A partir de certa hora del dia en què la temperatura exterior comença a augmentar, les finestres s'obren completament, i resten així fins a l'hora de finalització de la jornada. A tenir en compte també que, durant el cap de setmana, aquestes han estat, efectivament, tancades.

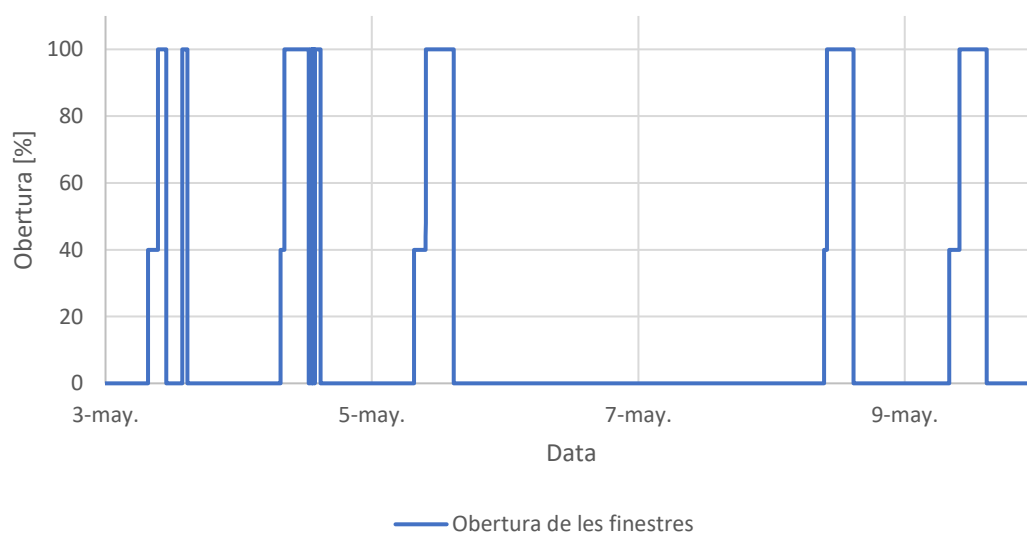


Figura 5.15: Estat de l'obertura de les finestres durant el període avaluat de l'any 2023

L'avaluació anterior resta completa en avaluar les conseqüències dels diferents controls de l'any 2022 i 2023 sobre la temperatura interna del laboratori. En aquest sentit, es pot observar a la Figura 5.16 com la diferència de temperatura és mínima, essent notòria la temperatura durant els primers dies del període de l'any 2022 en què, probablement, la consigna de temperatura del control analògic del sistema de climatització era massa alta, afavorint la inactivitat del fancoil avaluat a la Figura 5.13 però penalitzant la temperatura de la sala. La diferència de temperatura interior mitjana entre ambdós períodes és de 0.25 °C inferior l'any 2023.

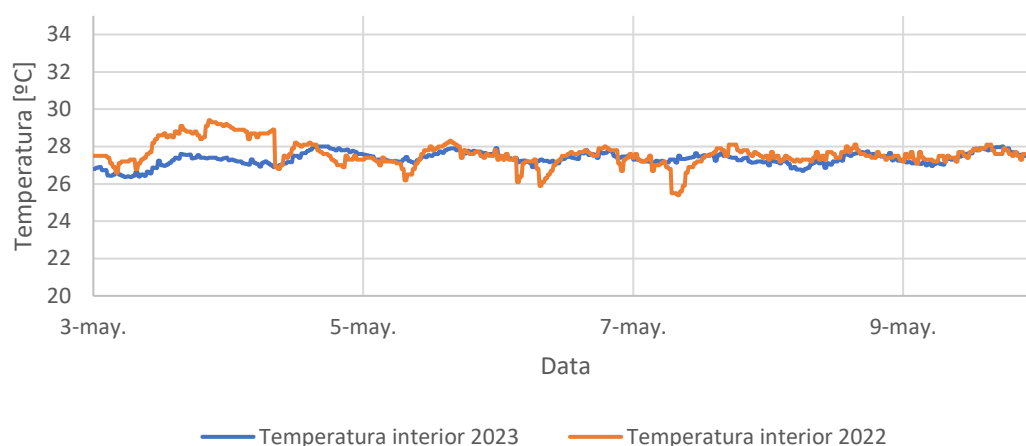


Figura 5.16: Perfils de temperatures interiors al laboratori durant els períodes avaluats dels anys 2022 i 2023

5.2.3. Avaluació de l'impacte

En el cas del control de l'obertura de les finestres, l'impacte és total. Durant el període avaluat del mes de maig, amb temperatures exteriors que han arribat a superar en màxims diaris els 30 °C, s'ha observat com es pot prescindir completament del sistema de climatització del laboratori. En aquest cas, l'estalvi energètic es pot quantificar en uns 100 kWh mensuals, equivalents a 16 euros.

D'altra banda, atenent al consum de la bomba de calor del sistema de geotèrmia, es pot considerar per deducció lògica que, qualitativament, en un control de temperatura exclusivament per ventilació natural, la bomba de calor podria restar fora de servei, de manera que el consum seria nul. En aquest cas, per tant, es pot fer l'avaluació extrapolada assumint un estalvi energètic en èpoques d'entretemps de 400 kWh mensuals, equivalents a uns 60 euros.

L'abast del projecte no ha pogut permetre avaluar mesos de temperatures extremes d'estiu, on es pot deduir que el sistema de control de finestres no podria assolir les mateixes prestacions que un sistema de climatització, i per tant seria necessari l'ajuda d'aquest sistema.

No obstant, també es pot considerar que, durant, les primeres hores del dia on el sol encara no assoleix el seu punt més alt, la temperatura exterior pot ésser suficientment confortable com per poder reduir l'ús del sistema de climatització i beneficiar-se de la ventilació natural.

6. Avaluació econòmica

Per a la realització del projecte s'han adquirit els dispositius de la Taula 6.1. En aquest cas, la Raspberry ha estat el dispositiu on s'ha instal·lat la plataforma Home Assistant, la placa de relés ha estat necessària per a la implementació del control remot de les finestres i, finalment, el coordinador Zigbee ha estat adquirit dintre del pla de implementació de millores i futures integracions (veure l'apartat 7.2.2 Libelium).

Taula 6.1: Costos dels nous dispositius implementats

Dispositiu	Unitats	Cost unitari	Cost total
Raspberry Pi 4	1	170.-€	170.-€
Placa relés	1	40.-€	40.-€
Sky Connect (coordinador Zigbee)	1	40.-€	40.-€
Total			250.-€

En quant al temps de dedicació per a la implementació del projecte s'han quantificat en 280 hores, desglossades en:

- Recerca de plataformes: 40 hores
- Formació en Home Assistant: 80 hores
- Implementació del sistema: 160 hores

L'estalvi econòmic que ha representat la implementació de les automatitzacions dels controls de l'apartat 5 es pot quantificar segons els valors de la Taula 6.2.

Taula 6.2: Estalvi econòmic mensual per temporada

Temporada	Mesos	Estalvi mensual	Estalvi total
Hivern	3	100.-€	300.-€
Entretemps	6	60.-€	360.-€
Estiu ¹⁵	3	N / A	N / A
Total anual			660.-€

¹⁵ El període d'estiu no ha estat avaluat en aquest projecte

Tenint en compte el cost de la implementació i l'estalvi econòmic anual, és clar que la inversió, en aquest cas, és molt rentable, permetent recuperar el cost de la inversió en molt poc temps (menys d'un any, en funció de l'època d'instal·lació del sistema).

D'altra banda, és cert que el temps invertit en la implementació del sistema ha estat molt gran i, avaluant el cost real d'aquesta implementació, el retorn de la inversió podria no ésser tan ràpid. No obstant, aquest és un cost que es pot assimilar com a formació, de manera que es pot concloure que, amb els coneixements un cop adquirits, la implementació hauria pogut costar tan sols entre un 20 i un 40% del temps invertit.

Finalment, en aquesta avaluació econòmica no s'han tingut en compte els costos de tots els sistemes prèviament implementats al laboratori, ni d'aquells sensors que s'han instal·lat però que es trobaven en estoc al magatzem de l'eXiT. Aquest fet implica que una implementació completa d'un sistema de control d'un local, tenint en compte l'adquisició i instal·lació d'equips de generació i acumulació d'energia i la instrumentació, suposaria un cost molt superior a l'esmentat a la Taula 6.1. No obstant, atenent a les compatibilitats de Home Assistant amb diferents marques del mercat, en un projecte partint de zero es podrien seleccionar dispositius amb una integració ràpida i senzilla a la plataforma d'agregació.

7. Conclusions

En aquest projecte s'han obtingut conclusions en relació a l'assoliment dels objectius inicials (veure els apartats 1.2 Objectius i 7.1 Assoliment dels objectius), així com també s'ha elaborat un pla de propostes d'implementacions per completar el laboratori com a planta pilot, a més de projectes futurs que es podrien dur a terme basats en l'explotació del laboratori com a planta pilot (veure els apartats 7.2 Propostes de millora i futures implementacions i 7.3 Projectes de futur).

7.1. Assoliment dels objectius

Es donen per assolits tots els objectius marcats a l'inici del projecte (veure l'apartat 1.2 Objectius):

- S'ha pogut implementar satisfactòriament una plataforma d'agregació: Home Assistant.
- S'han integrat els sistemes presents al laboratori més rellevants. En aquest sentit, resten pendents de poder ésser implementats els sistemes dels fabricants Libelium i Phidgets (veure l'apartat 7.2 Propostes de millora i futures implementacions).
- S'han realitzat automatitzacions basades en controls algorísmics simples per verificar el potencial i les capacitats del sistema, així com per quantificar que la implementació de sistemes de control permeten augmentar en grans magnituds l'eficiència energètica, a més de reduir el cost econòmic i el consum elèctric (veure l'apartat 5 Automatitzacions i controls).
En aquest sentit, s'han pogut quantificar en valors de 700 kWh (100 euros) mensuals d'estalvi energètic en èpoques hivernals, i de 400 kWh (60 euros) mensuals en èpoques d'entretemps. Ha restat fora de l'objecte d'aquest projecte l'avaluació en època estival.
- S'han establert les bases de projectes futurs, aprofitant les noves prestacions del laboratori, i amb l'objectiu d'extreure'n el seu potencial (veure l'apartat 7.3 Projectes de futur).

7.2. Propostes de millora i futures implementacions

Com es pot observar a la Figura 4.6, han quedat pendents d'integrar algunes plataformes del laboratori de l'eXiT a Home Assistant. Les propostes de millora resten enfocades a assolir la integració d'aquests sistemes, per aconseguir una integració total com es mostra a la Figura 7.1.

7.2.1. Phidgets

Phidgets és el fabricant de les targetes d'adquisició que realitzen la monitorització de dades dels consums del laboratori. En aquest cas, no tenen compatibilitat amb Home Assistant.

Per a la integració de la mesura dels consums del laboratori a la plataforma d'agregació, s'ha proposat com a millor solució la substitució de les plaques de Phidgets per respectius dispositius ESP32. El motiu d'aquesta proposta és la senzillesa del sistema, essent un microcontrolador amb el qual el laboratori ja disposa d'expertesa, havent estat utilitzat en diversos sistemes de mesura gràcies a la seva versatilitat. A més, la integració del sistema ESPHome a Home Assistant ofereix una programació molt senzilla i intuïtiva, de manera que el cost en temps d'implementació és molt reduït.

Per a aquesta implementació s'han proposat tres dispositius ESP32, que substituiran als tres dispositius respectius de Phidgets. Per tal de substituir el connexió actual, el grup de l'eXiT dissenyarà unes plaques de circuit integrat amb connectors compatibles amb els integrats a les plaques de Phidgets.

Tot i que el pla d'instal·lació ja ha estat elaborat i aprovat, resta fora de l'abast d'aquest TFM per limitacions de temps.

7.2.2. Libelium

En aquest projecte no ha estat possible assolir la integració de Libelium degut a les dificultats tècniques del sistema: actualment no és possible comunicar-se amb l'actual coordinador de la xarxa Zigbee, un dispositiu Meshlium, degut a que se li ha emplenat la memòria amb el pas del temps. No obstant, el dispositiu segueix operatiu i continua realitzant les seves funcions de coordinador de la xarxa, recopilant les dades rebudes

pels diferents dispositius Wasmotes de la xarxa i enviant-les a la base de dades del núvol d'Amazon Web Services.

Com a proposta d'integració a Home Assistant, s'ha proposat com a tema d'un TFG o TFM futur la substitució de l'actual coordinador Meshlium per la pròpia Raspberry on està instal·lat el sistema Home Assistant, mitjançant com a accessori una antena Zigbee. En aquest sentit, s'ha adquirit el producte Skyconnect de la companyia Nabu Casa, l'empresa matriu de Home Assistant.

Mitjançant l'antena Zigbee, Home Assistant pot actuar com a coordinador de la xarxa Zigbee, de manera que caldria realitzar la configuració dintre de la plataforma, i reprogramar tots els Wasmotes per tal d'integrar-los a la nova xarxa del laboratori.

7.2.3. Altres ampliacions proposades

Com a treball complementari a l'apartat de millores 7.2.2 Libelium es proposa l'aprofundiment en el sistema del Node Comptador de Persones (veure l'apartat 2.3 Living lab). Aquest sistema no ha estat capaç de funcionar de manera correcta des de la seva implementació, degut a la dificultat tècnica dels dispositius que componen en Node.

En aquest sentit, i sense haver tingut l'oportunitat d'avaluar l'algorisme original ni les especificacions dels sensors, es planteja la revisió del programa per cercar una millora en el codi i, alternativament, la reubicació o reinstal·lació de sensors, així com la seva substitució o la implementació de nous sensors.

Finalment, un cop assolides totes les integracions pendents, restaria pendent d'avaluar la necessitat o la possibilitat d'ampliar la capacitat de la flexibilitat energètica del laboratori. En aquest sentit, es podrien incorporar nous actuadors o relés que puguin activar o desactivar fonts de consum d'energia, així com invertir en una ampliació de mòduls de la bateria, la qual incrementaria la capacitat energètica d'aquesta i, en conseqüència, una major flexibilitat per consumir energia (carregant la bateria) o per incrementar la injecció d'energia (descarregant la bateria).

7.2.4. Esquema general

A la Figura 7.1 es mostra l'esquema general objectiu de la planta pilot de l'eXiT. En aquest esquema es pot observar com tots els sistemes i elements restarien interconnectats gràcies a la plataforma d'agregació Home Assistant, des de la qual es disposaria de control sobre tots els actuadors, així com de la monitorització de totes les variables del sistema.

En aquest cas, cal tenir en compte que la substitució dels dispositius Phidgets del laboratori per dispositius ESP32 suposaria que la base de dades actual dels consums elèctrics restaria obsoleta. No obstant es podria mantenir únicament per tal de consultar històrics.

D'altra banda, en relació als dispositius de Libelium, la seva base de dades pròpia quedaria obsoleta com en el cas de Phidgets, però es podria valorar mantenir la duplicitat de bases de dades amb el núvol d'Amazon Web Services. En aquest cas, caldria plantejar com poder realitzar l'enviament de dades des del nou sistema implementat a Home Assistant.

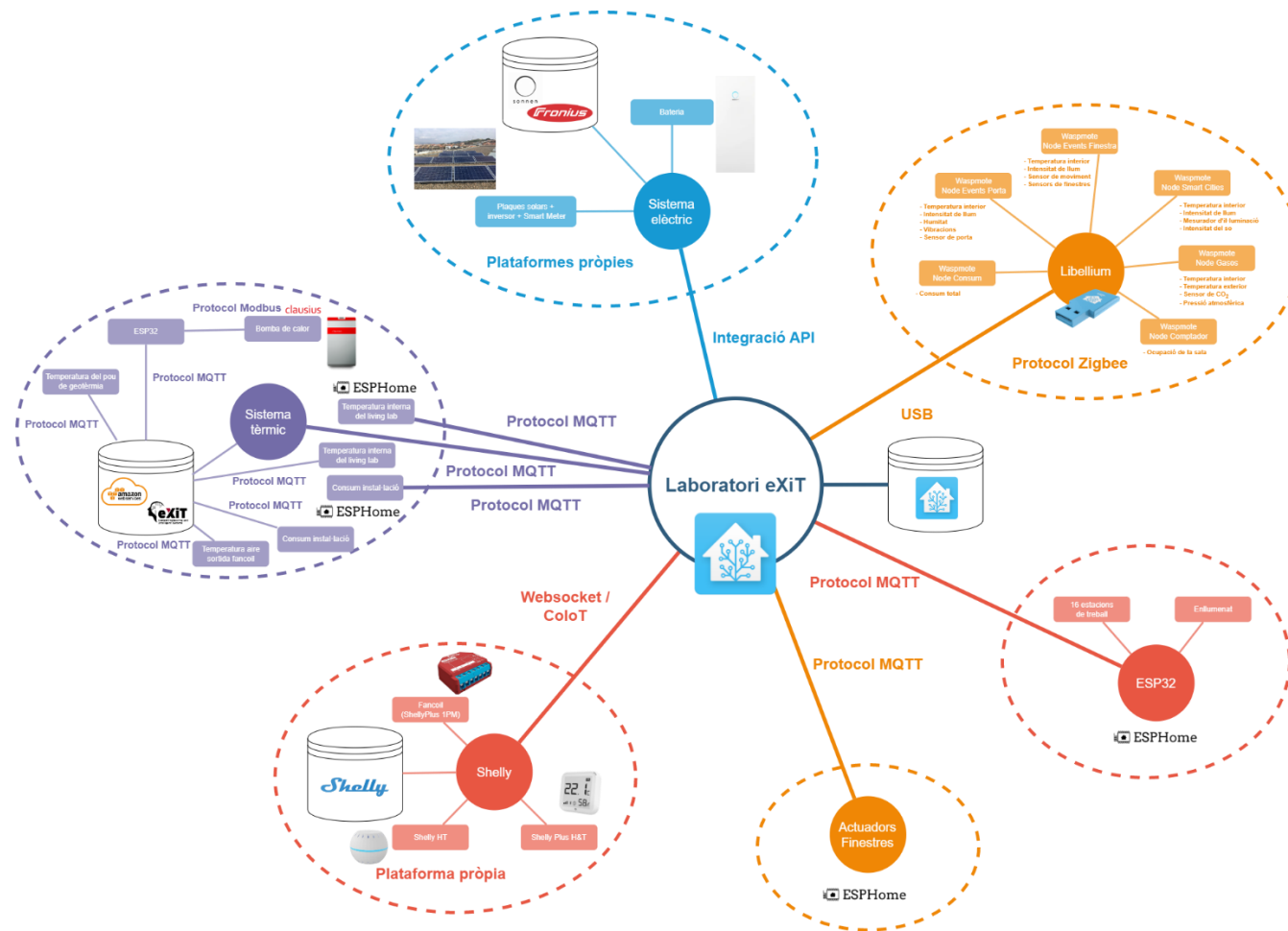


Figura 7.1: Proposta d'implementació completa de Home Assistant al laboratori de l'eXiT

7.3. Projectes de futur

Aprofitant les noves prestacions del laboratori, i atenent que a partir d'ara l'eXIT disposa d'una base de dades que integra tots els sistemes i que permet una interacció amb tots ells, es proposen projectes de futur alineats amb la línia de recerca d'Smart Cities del grup de recerca, en relació a la realització de models de previsió, implementació de controls per a la optimització de l'eficiència i l'especialització del grup en comunitats energètiques.

7.3.1. Modelització del sistema tèrmic

La modelització del sistema tèrmic del laboratori (veure l'apartat 2.2 Sistema tèrmic) permetria realitzar previsions i simulacions del comportament del sistema en unes condicions determinades. Com a proposta d'aquesta modelització, es proposa dividir el sistema en subsistemes d'acord a la Figura 7.2.

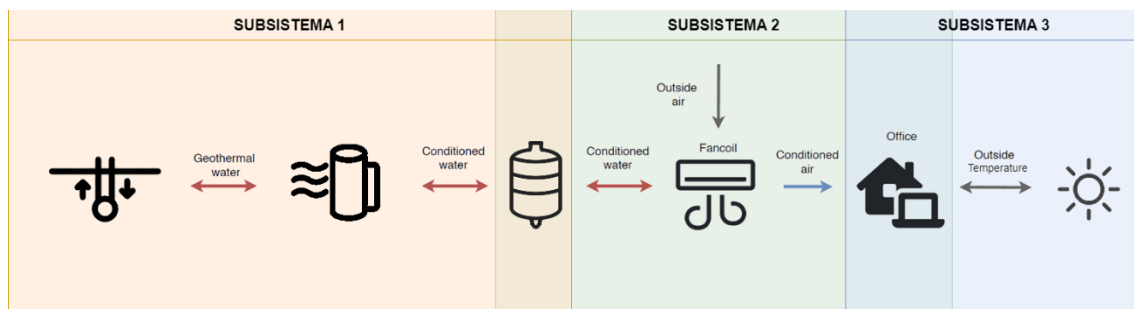


Figura 7.2: Proposta de divisió en subsistemes del sistema tèrmic

- Subsistema 1: subsistema format pel pou de geotèrmia, la bomba de calor i el dipòsit d'inèrcia. En aquest cas, es podria modelar el sistema en funció d'una variable de control (la temperatura de consigna del dipòsit, ja que la bomba de calor s'activa de manera autònoma a partir d'aquesta consigna), i en funció de la temperatura del pou. En aquest cas, seria interessant avaluar les pèrdues energètiques per l'aïllament del dipòsit.
- Subsistema 2: secció corresponent a la climatització del laboratori. En aquest cas es modelaria el sistema atenent a la temperatura de l'oficina a climatitzar, en funció de la temperatura del dipòsit i la temperatura exterior (degut a l'aire que obté el fancoil de l'exterior per climatitzar).

- Subsistema 3: sistema laboratori – exterior: sense actuació de la climatització, avaluar la resposta de la temperatura del laboratori a la temperatura exterior.

Degut a la idiosincràsia del sistema tèrmic, seria necessari realitzar almenys dos models de cada subsistema (hivern / estiu), amb la possibilitat d'incorporar un tercer model d'entretemps. Aquest fet implica un projecte de llarga durada.

Finalment, en quant a possibles variables a afegir als models, es podrien considerar la quantitat de persones presents a la sala, la quantitat d'ordinadors encesos i l'estat de les finestres.

7.3.2. Modelització del consum elèctric

Un segon tipus de model que es pot realitzar al laboratori de l'eXIT és en relació als hàbits de consum del laboratori, atenent als diferents tipus de consums (climatització, il·luminació, endolls, etc). A més, combinant aquest model amb dades obtingues del Node de Comptador de persones (veure l'apartat 2.3 Living lab), com la quantitat de gent present a la sala o la ocupació de llocs de treball, es poden realitzar models d'hàbits generals del laboratori.

En aquest cas, es podria disposar com a variable de control principalment la bateria, aportant la flexibilitat necessària en tot moment, així com també el dipòsit d'inèrcia del sistema tèrmic.

7.3.3. Control i optimització de l'eficiència energètica del laboratori

En combinació dels possibles models elaborats del sistema tèrmic i del consum elèctric es poden obtenir models de predicció complexos que permetin realitzar simulacions en base a distintes configuracions de les variables de control i obtenir d'aquesta manera un *scheduling* del control òptim del laboratori.

Així, el control òptim podria estar relacionat amb:

- Eficiència econòmica: obtenir la millor rendibilitat del sistema atenent, per exemple, a les diferents tarifes horàries de les comercialitzadores elèctriques,

disposant d'una flexibilitat al laboratori que podria permetre obtenir un rèdit comprant energia en hores barates o venent-la a les hores més cares.

- Eficiència energètica: maximitzar la reducció del consum elèctric, assolir una alta quota en autoconsum, o reduir les pèrdues energètiques redundants.

D'altra banda, la integració d'eines d'intel·ligència artificial poden actuar com un facilitador del control del laboratori, permeten maximitzar l'eficiència energètica. A tall d'exemple, es podrien elaborar llaços de control predictius que permetessin mantenir un consum reduït de paràmetres clau de consum com la temperatura del dipòsit inercial del Sistema tèrmic, en funció de la previsió dels usos del laboratori. Gràcies a l'elaboració i l'aplicació de la Modelització del sistema tèrmic, el control automàtic podria ésser capaç de mantenir una temperatura de consigna del dipòsit d'acumulació que permeti un consum reduït en fases de baixa demanda tèrmica, amb la capacitat d'activar la bomba de calor amb un temps d'antelació necessari per retornar el dipòsit a la temperatura requerida pel sistema de climatització amb un esforç energètic mínim. Tanmateix, aquest sistema també podria ser capaç d'emmagatzemar energia tèrmica en el dipòsit en moments d'excedent fotovoltaic, de manera que les pèrdues tèrmiques siguin assumibles per, en el moment en què hi hagi una predicció de requeriment d'activació del sistema de climatització, el dipòsit pugui oferir l'energia demandada.

7.3.4. Integració de Home Assistant dintre d'una comunitat energètica

Es planteja la integració de la plataforma d'agregació dintre d'una comunitat energètica (veure la Figura 7.3). En aquest sentit, Home Assistant podria actuar com un sistema de control d'entitats individuals (llars domèstiques, establiments comercials, etc.) mentre que, en un nivell jeràrquicament superior, la comunitat energètica pugui estar gestionada per un software de gestió col·lectiva (en aquest cas, es proposa OpenRemote¹⁶ com a programari de gestió, essent un programari amb expertesa en el camp, i essent col·laborador en projectes vigents dels quals en forma també part l'eXIT).

¹⁶ <https://www.openremote.io/>

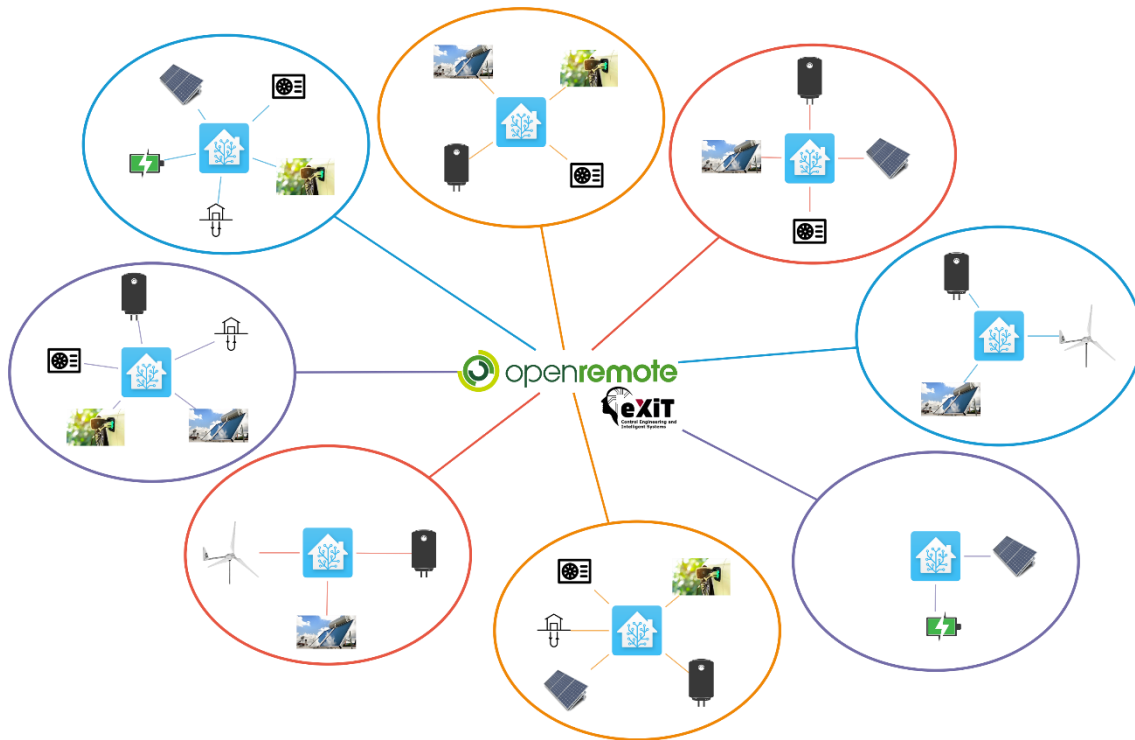


Figura 7.3: Diagrama de proposta de gestió d'una comunitat energètica

La comunicació entre els programaris podria ésser en termes d'scheduling i flexibilitat:

- 1- Cada Home Assistant avalua i desenvolupa una programació de la flexibilitat horària de l'endemà basat en les prediccions internes de consum, obtenint un marge de flexibilitat (positiu o negatiu) a oferir o a demandar a la comunitat.
- 2- OpenRemote, com a gestor de la comunitat energètica, avalua el global de les flexibilitats energètiques, buscant la optimització de la gestió energètica en un nivell intern dintre de la comunitat. Un cop obtinguda una programació global de cada entitat local, retorna a cada Home Assistant el valor concret de flexibilitat horària (positiva o negativa) que haurà d'aportar o rebre de la comunitat energètica.
- 3- Cada Home Assistant optimitza el seu sistema local, valorant els consums i les generacions internes, així com la flexibilitat positiva o negativa a operar amb la comunitat com una variable més de consum o generació.

Com a planta pilot, l'eXiT podria desenvolupar una comunitat energètica gestionada per un programari d'alt nivell de gestió col·lectiva, amb diferents entitats locals gestionades per Home Assistant i ubicades a diferents oficines o despatxos del grup de recerca.

8. Relació de documents

- I. Resum
- II. Memòria

9. Bibliografia

1. **ALMANSA, R.** Sensorització ambiental del laboratori del grup EXIT. Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona. Juny 2017.
2. **RULLÓ, M.** Captació i tractament de dades de consums del laboratori Lab-003 de l'edifici P-IV per al grup de recerca eXiT. Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona. Setembre 2018.
3. **ADELL, C.** Disseny i implementació d'un sistema IoT per a la monitorització i control d'una bomba de calor". Màster en IIOT. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona. Juny 2020.
4. **COMILLAS-IIT, IREC, UdG i UPC.** Memoria científico-técnica de proyectos coordinados. Proyectos de Transición Ecológica y Transición Digital. Modelado y planificación de comunidades para su interacción con la red – OptiREC [TED2021-131365B-C42]. 2021.
5. **UdG, Uis i ALTRES.** Strategies and tOOLs for Incentivization and management of flexibility in Energy Communities with distributed Resources – RESCHOOL. 2022.
6. **Home Assistant.** (<https://www.home-assistant.io/> , Darrer accés: 12 de maig de 2023).

10. Glossari

- IoT
 - Internet of Things, 9
- ODS
 - Objectius de Desenvolupament Sostenible, 5
- OS
 - Operating System, 75
- RPi
 - Raspberry Pi, 75
- TFG
 - Treballs Final de Grau, 7
- TFM
 - Treball Final de Màster, 7
- UdG
 - Universitat de Girona, 6
- UN
 - Organització de les Nacions Unides, 5

Ruben Martinez Illan
Màster en Enginyeria Industrial

Girona, 1 de juny de 2023

A. Diagrames i plànols

S'adjunten esquemes i plànols d'ubicació dels diferents sensors del sistema tèrmic (veure la Figura Annex A.1), la plataforma Phidgets (veure la Figura Annex A.2) i la plataforma Libelium (veure la Figura Annex A.3).

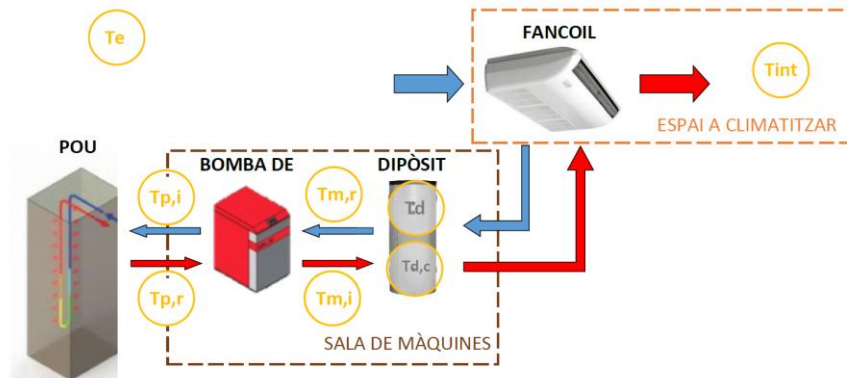


Figura Annex A.1: Esquema del sistema tèrmic amb les mesures de temperatura corresponents. Font: ADELL, C. (3)

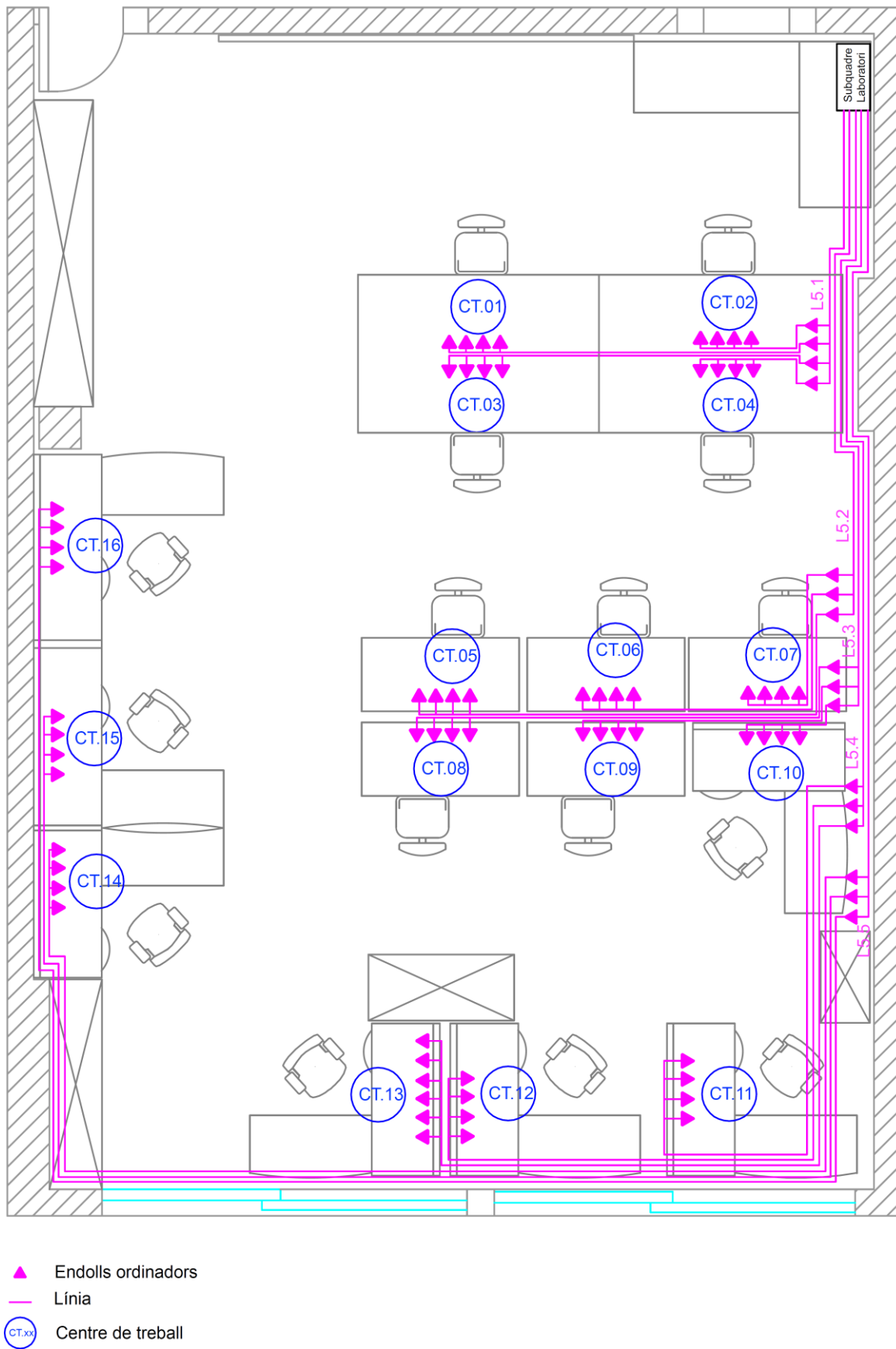
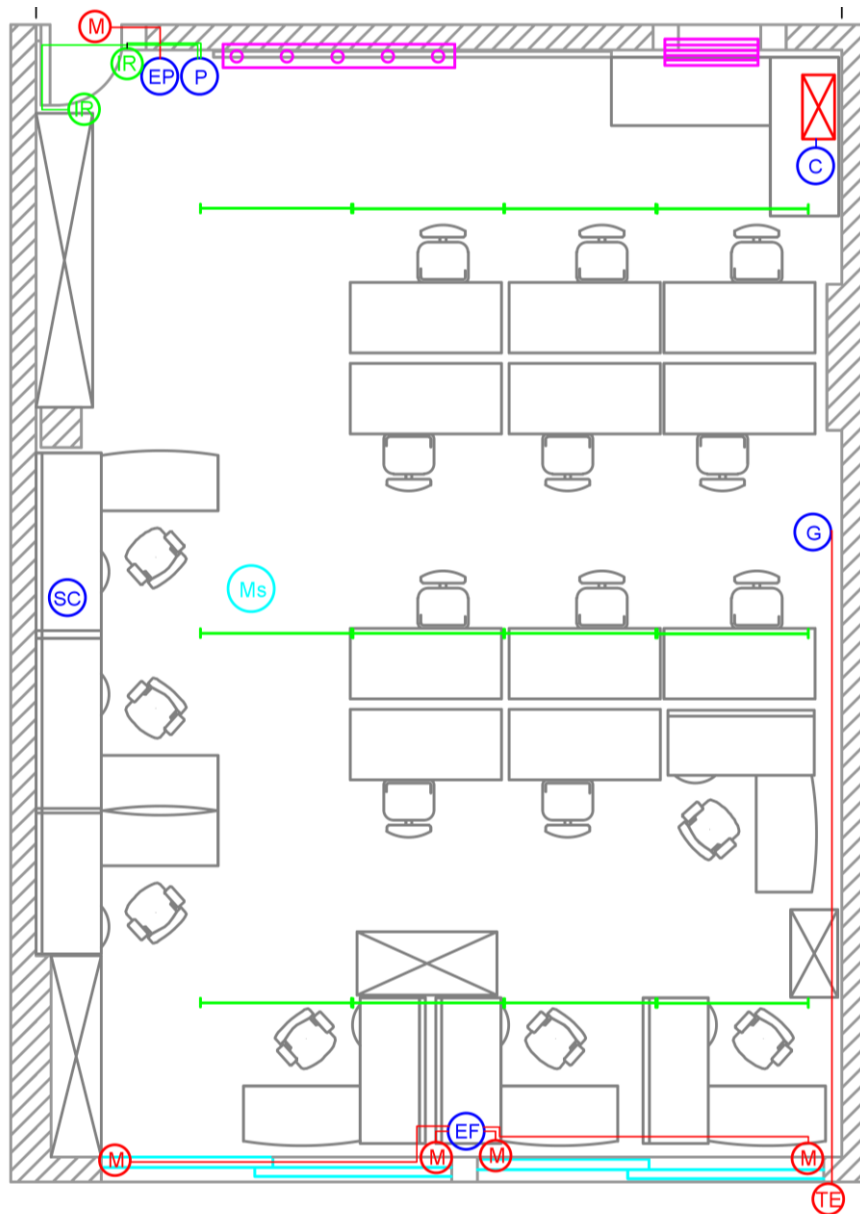


Figura Annex A.2: Phidgets. Font: RULLÓ, M. (2)



SIMBOLOGIA			
	Quadre general		Contacte magètic
	Retorn clima		Sonda Exterior DS18B20
	Impulsió Clima		Sensor Infraroig
	Fluorescents		Meshlium
	Node Smart Cities		Node Gasos
	Node Events Finestra		Node Consum
	Node Events Porta		Node Comptador persones

Figura Annex A.3: Sensors de Libellium. Font: ALMANSA, R. (1)

B. Manual Home Assistant

S'adjunta en aquest annex un manual d'usuari transversal, des de la instal·lació de Home Assistant fins a la implementació dels scripts que s'han utilitzat a la planta pilot, elaborat amb l'objectiu de poder replicar el sistema.

B.1. Instal·lació

Com a primer pas, s'ofereix el procés d'instal·lació de Home Assistant. Es recomana consultar el web oficial¹⁷ per analitzar les diverses variants d'instal·lació. Per tal de poder utilitzar tot el potencial de Home Assistant, es recomana la instal·lació en mode Operating System (OS).

En el cas del laboratori de l'eXiT, s'ha optat per la instal·lació en una Raspberry Pi 4 (RPi). Aquesta opció permet disposar d'un dispositiu compacte i assequible en termes econòmics dedicat exclusivament a aquest sistema, tot i una mancança en potència de processador respecte a un ordinador o un servidor dedicat.

La instal·lació es pot seguir d'acord a les indicacions del web oficial¹⁸, en el mode OS.

El material necessari utilitzat en aquest cas és el següent:

- RPi 4.
- Targeta microSD de 32 GB.
- Lector de targetes per poder-hi gravar la imatge des d'un ordinador.
- Cable ethernet de connexió a la xarxa local. Durant el procés d'instal·lació es requereix de connexió per cable.

¹⁷ <https://www.home-assistant.io/installation/>

¹⁸ <https://www.home-assistant.io/installation/raspberrypi>

Compare Installation Methods

	OS	Container	Core	Supervised
Automations	✓	✓	✓	✓
Dashboards	✓	✓	✓	✓
Integrations	✓	✓	✓	✓
Blueprints	✓	✓	✓	✓
Uses container	✓	✓	✗	✓
Supervisor	✓	✗	✗	✓
Add-ons	✓	✗	✗	✓
Backups	✓	✓ ¹	✓ ¹	✓
Managed Restore	✓	✗ ²	✗ ²	✓
Managed OS	✓	✗	✗	✗

Figura Annex B.1: Mètodes d'instal·lació de Home Assistant i les seves característiques. Font: Home Assistant Installation¹⁹

Descarregar el programari Balena Etcher²⁰ des del web oficial d'instal·lació en RPi. Un cop descarregat, seguir les passes indicades per a flashear la imatge a la targeta. A continuació es resumeixen:

Obrir Balena Etcher en mode administrador.

¹⁹ <https://www.home-assistant.io/installation/>

²⁰ <https://www.balena.io/etcher>

Seleccionar la opció “Flash from URL”: copiar la direcció de la imatge de Home Assistant²¹.

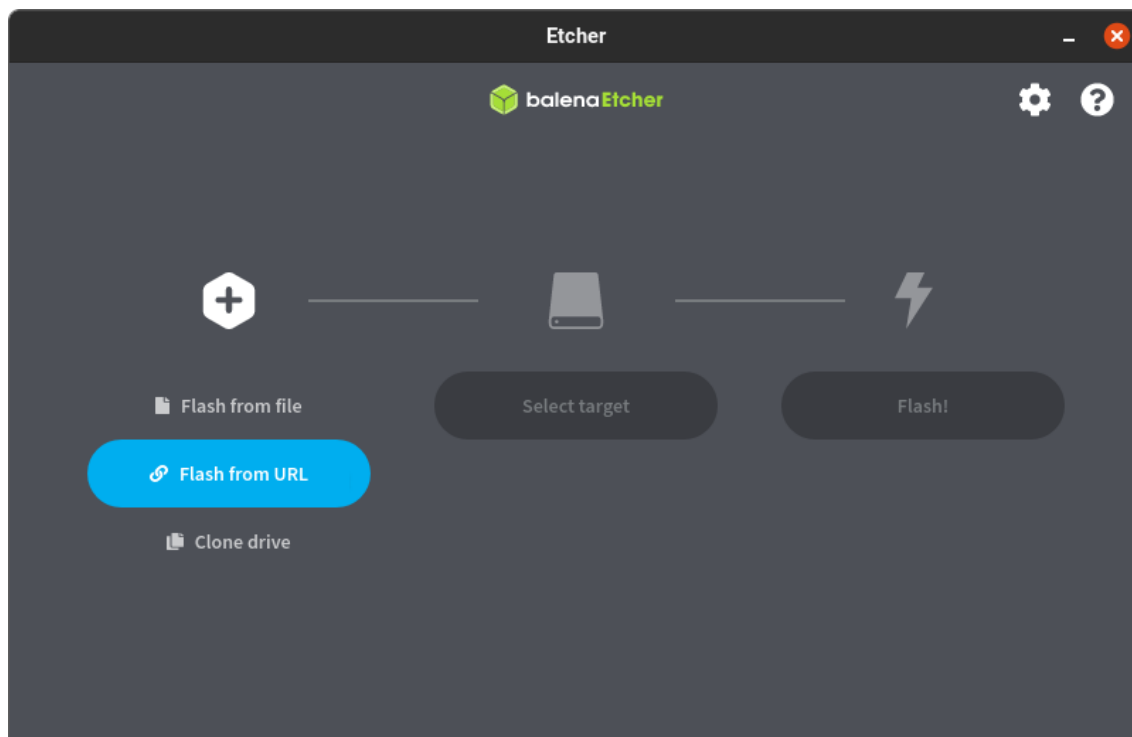


Figura Annex B.2: Programari Balena Etcher

Seleccionar la targeta i clicar finalment “Flash!”.

Un cop el procés ha finalitzat, inserir la targeta a la RPi. Connectar els cables d'Ethernet i d'alimentació, i s'iniciarà Home Assistant en la xarxa local, des d'on es pot accedir a través del navegador a la direcció `homeassistant.local:8123`.

Al web de Home Assistant hi ha disponible un tutorial de benvinguda²².

Un cop connectat, apareix la pantalla d'inici per crear un usuari (veure la Figura Annex B.3).

²¹ La versió instal·lada, que no necessàriament en la darrera versió actualitzada:
https://github.com/home-assistant/operating-system/releases/download/9.5/haos_rpi4-64-9.5.img.xz

²² <https://www.home-assistant.io/getting-started/onboarding/>

Home Assistant

Estàs preparat donar vida pròpia a la teva llar, recuperar la teva privacitat i unir-te a una comunitat mundial de 'tinkerers'?

Comencem creant un nou compte d'usuari.

Nom*

Nom d'usuari*

Contrasenya*

Confirma la contrasenya*

CREAR COMPTE

[També pots restaurar des d'una còpia de seguretat anterior.](#)

Figura Annex B.3: Pantalla d'inici de Home Assistant. Creació d'usuari.

En aquest cas, s'han introduït unes credencials que estan a disposició dintre de l'eXIT. Per polítiques de protecció de dades i confidencialitat, s'ometen aquestes dades en aquest document.

En funció de la versió instal·lada, poden aparèixer noves finestres com a guia de benvinguda. Un cop superades, Home Assistant restarà instal·lat i preparat per ésser utilitzat.

B.2. Guia de benvinguda

En aquest apartat s'expliquen algunes funcionalitats bàsiques per entendre el funcionament de Home Assistant. Es repassen les essencials.

B.2.1. Visualització principal

La pantalla de Visualització principal (o Lovelace, en anglès; veure la Figura Annex B.4), és la interfície visual del panell de control del sistema. És configurable des del menú de tres puntets situat a l'extrem dret superior. A l'apartat B.7 Configuració de Lovelace s'explica en detall la seva configuració.

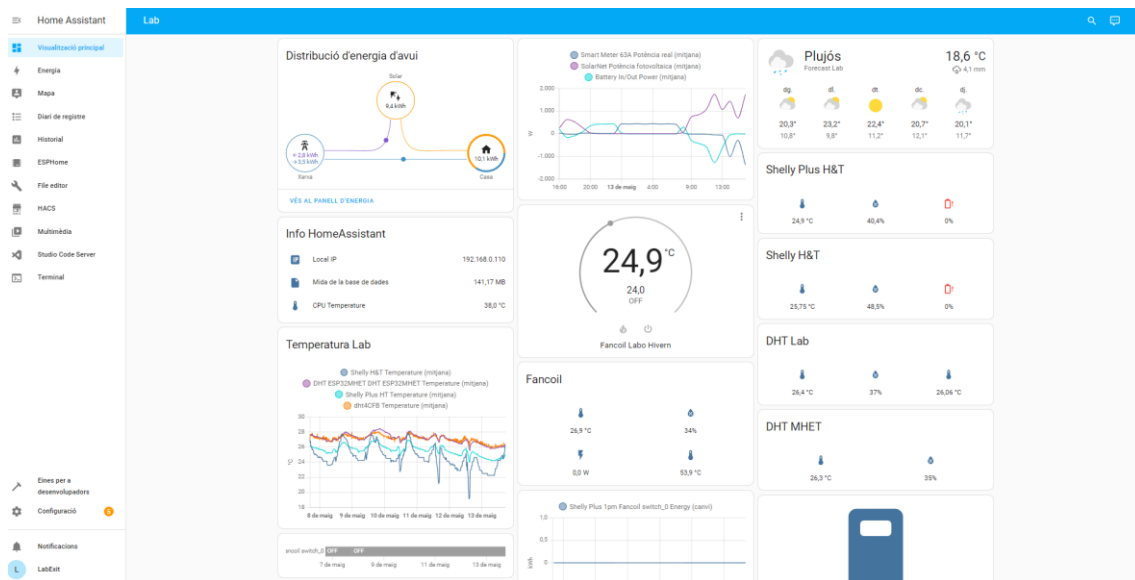


Figura Annex B.4: Interfície de Home Assistant

B.2.2. Energia

Panell on es mostren les dades d'energia (veure la Figura Annex B.5). És un panell per defecte, on no es poden modificar les infografies. Es poden afegir, introduir i/o editar els elements que componen el sistema d'energia, atenent a: generació, emmagatzemament, consum de la llar i bescanvi amb la xarxa.

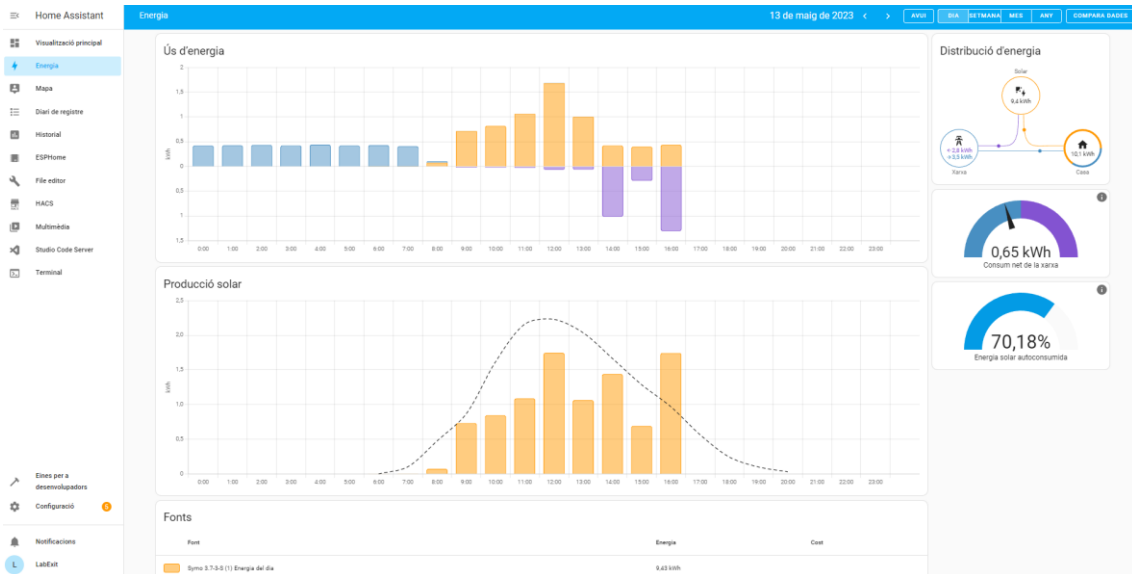


Figura Annex B.5: Panell d'energia

B.2.3. Historial

Accés a la base de dades de Home Assistant en format gràfic (veure la Figura Annex B.6). Es poden consultar tots els elements que es requereixin, filtrant per àrea, dispositiu i sensor, així com dates d'inici i final de la gràfica desitjats. A més a més, Home Assistant agrupa automàticament els sensors per unitat de mesura, de manera que es poden consultar gràfiques amb els valors de diferents sensors.



Figura Annex B.6: Panell d'historial

B.2.4. Eines per a desenvolupadors

Es disposen diversos menús disponibles per a l'assistència als desenvolupadors:

- YAML: Apartat que permet realitzar una comprovació del codi conforme Home Assistant és reiniciable, així com detector d'errors. També permet carregar les configuracions per defecte de diferents apartats.
- Estats: Permet consultar els estats de totes les entitats del sistema.
- Plantilla: Es poden realitzar execucions de codi per verificar la seva correcció i funcionalitat.

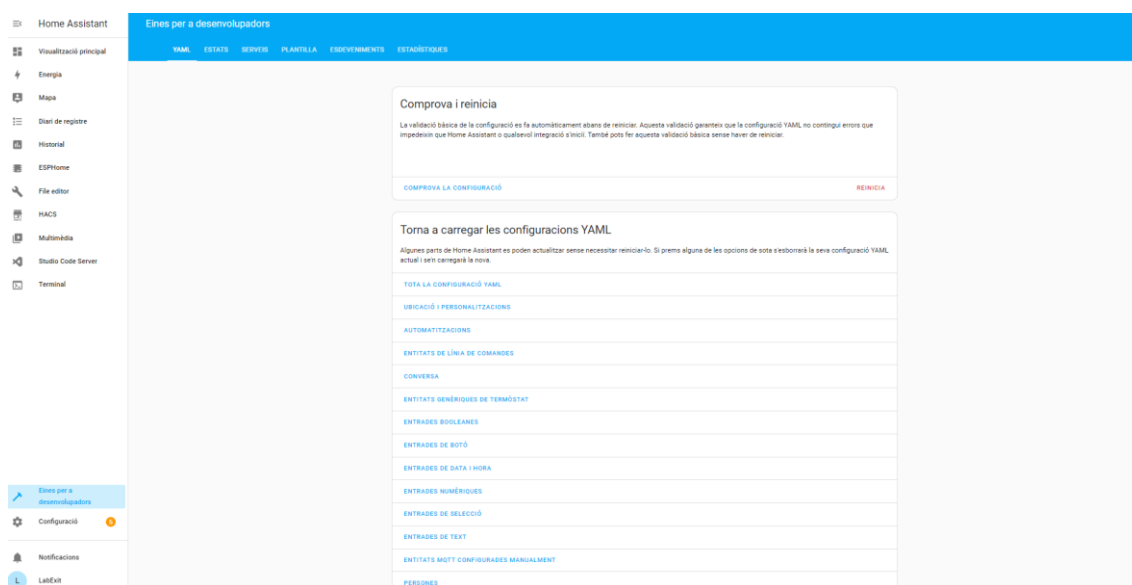


Figura Annex B.7: Panell d'eines per a desenvolupadors

B.2.5. Configuració

Accés als diferents apartats de configuració de Home Assistant. Els més rellevants en aquest sentit són:

- Dispositius i serveis: permet configurar els elements que conformen el sistema: dispositius, sensors, etc.
- Automatitzacions i escenes: apartat on es poden programar automatitzacions (execucions que es duen a terme mitjançant un disparador; per exemple: "a les 17h tanca les finestres"; veure l'apartat de l'annex B.8 Automatitzacions), escenes (configuracions per defecte que poden incloure accions de diferents

elements, però que no s'activen autònomament; per exemple: “Escena bon dia: s'activa alarma, s'encenen llums, s'activa la màquina de cafè”); programes (scripts) (seqüències d'algorismes, que no s'activen autònomament; per exemple: “Script bona nit: atenua llums i activa música relaxant; passats 30 minuts, tanca els llums i desactiva la música”; veure l'apartat de l'annex B.9 Scripts); blueprints (funcionalitat pròpia de Home Assistant per facilitar la transferència d'escenes d'un usuari a un altre).

- Complementos: aplicacions addicionals a Home Assistant que permeten potenciar les funcionalitats del sistema (veure l'apartat de l'annex B.4 Complementos)

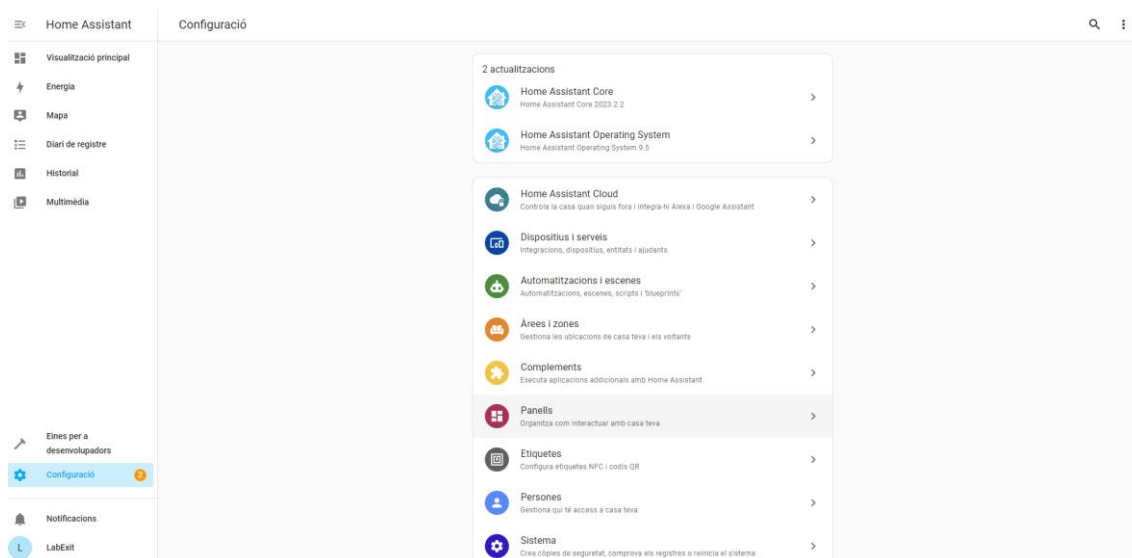


Figura Annex B.8: Panell de Configuració

B.3. Entitats

Home Assistant identifica com a “entitat” tota variable, la qual pot estar relacionada amb sensors, actuadors, automatitzacions, scripts, etc. Cada entitat té un codi únic dintre del sistema (anomenada “unique ID”), així com també se la pot relacionar amb un “friendly name” (el qual és un àlies que serveix per identificar-la fàcilment). Les entitats estan compostes d'un prefix que assigna el programari automàticament atenent al tipus d'element (per exemple: automation, sensor, switch, script o zone), seguit d'un punt i del codi “unique ID”. Alguns exemples d'entitats poden ésser: “automation.encen_clima” (una automatització que encén el clima sota uns disparadors concrets) o “sensor.shelly_ht_temperature” (un sensor de temperatura Shelly).

Dintre de cada entitat hi ha emmagatzemada informació relacionada amb aquesta, incloent les seves variables d'estat. Així doncs, són habituals tenir associades unitats de mesura, classe de dispositiu o àlies associats a les entitats. En alguns casos, es poden disposar de múltiples variables, com en el cas de l'entitat "weather.forecast_lab", la qual inclou els estats actuals de temperatura, humitat o pressió, i també previsions futures en diferents termes.

En qualsevol cas, cada entitat s'ha de configurar de manera independent: Home Assistant pot detectar automàticament sensors i elements amb els quals tingui compatibilitat (veure l'apartat de l'annex B.3.1 Integracions de Home Assistant). No obstant, també es poden configurar altres sensors mitjançant altres procediments, com ara modificant l'arxiu de configuració afegint els elements per mitjà de codi yaml (veure l'apartat de l'annex B.3.4 Declaracions a configuration.yaml).

B.3.1. Integracions de Home Assistant

Home Assistant ofereix un ampli catàleg d'integracions²³ que, en major o menor grau, poden arribar a detectar automàticament elements dintre de la xarxa local on es troba instal·lat Home Assistant. Mitjançant una notificació, el programari pot alertar de que s'han detectat nous dispositius. En altres casos, cal fer petites configuracions per integrar un element al programari. En aquest cas, s'exposa a tall d'exemple la integració dels sensors de la xarxa Shelly²⁴ del laboratori de l'eXiT.

En aquest cas, cal realitzar una configuració prèvia a cada element Shelly per tal de comunicar-se amb Home Assistant. Abans de començar cap configuració, es recomana actualitzar el firmware des de l'aplicatiu del cloud local de Shelly²⁵. Seleccionar el dispositiu a actualitzar, entrar a Ajustes / Versión del Firmware / Actualización.

El dispositiu s'actualitzarà i es reiniciarà automàticament.

²³ <https://www.home-assistant.io/integrations/>

²⁴ <https://www.home-assistant.io/integrations/shelly/>

²⁵ home.shelly.cloud



Figura Annex B.9: Pantalla de benvinguda a la plataforma de Shelly Cloud

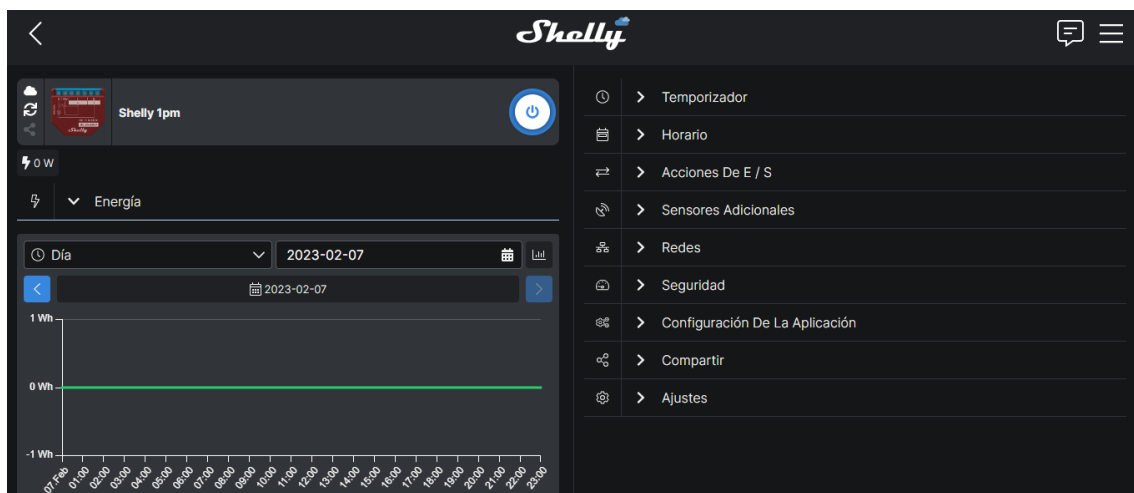


Figura Annex B.10: Pantalla de configuració d'un dispositiu



Figura Annex B.11: Menú d'ajustos del dispositiu

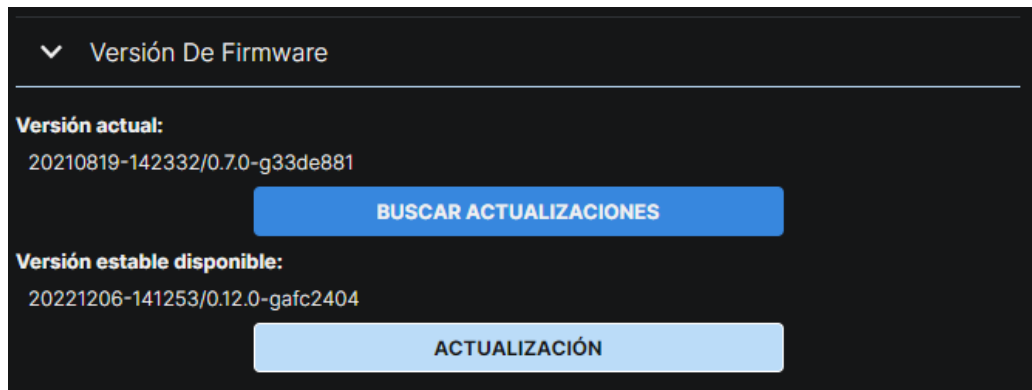


Figura Annex B.12: Actualització del firmware

Per tal de configurar la connectivitat d'un dispositiu Shelly amb Home Assistant, cal primer configurar-lo per adreçar-lo cap a Home Assistant i, després, configurar el sensor a l'aplicació de Home Assistant.

Shelly disposa de dos generacions de sensors. Per adreçar un sensor Shelly, depèn del tipus de generació del sensor. En dispositius que disposen de la funció "sleep", cal prémer un botó de "despertar" per tal de poder connectar per IP o per tal d'aplicar certs canvis. I reiniciar sempre el dispositiu després de canviar la configuració per tal de que s'apliquin els canvis. Aquest reinici es pot aplicar des de la mateixa aplicació, o mitjançant el botó físic.

La generació 1 (Shelly H&T) es configura mitjançant el protocol ColoT. En aquest cas, és requisit accedir al dispositiu per IP i no a través de l'aplicació de cloud de Shelly. Accedir al menú Internet&Security: Advanced – Developer Settings / Enable ColoT / ColoT peer: [IP homeassistant]:5683.

Cal tenir en compte que, per a aquesta finalitat, és important fixar la IP de Home Assistant al router.

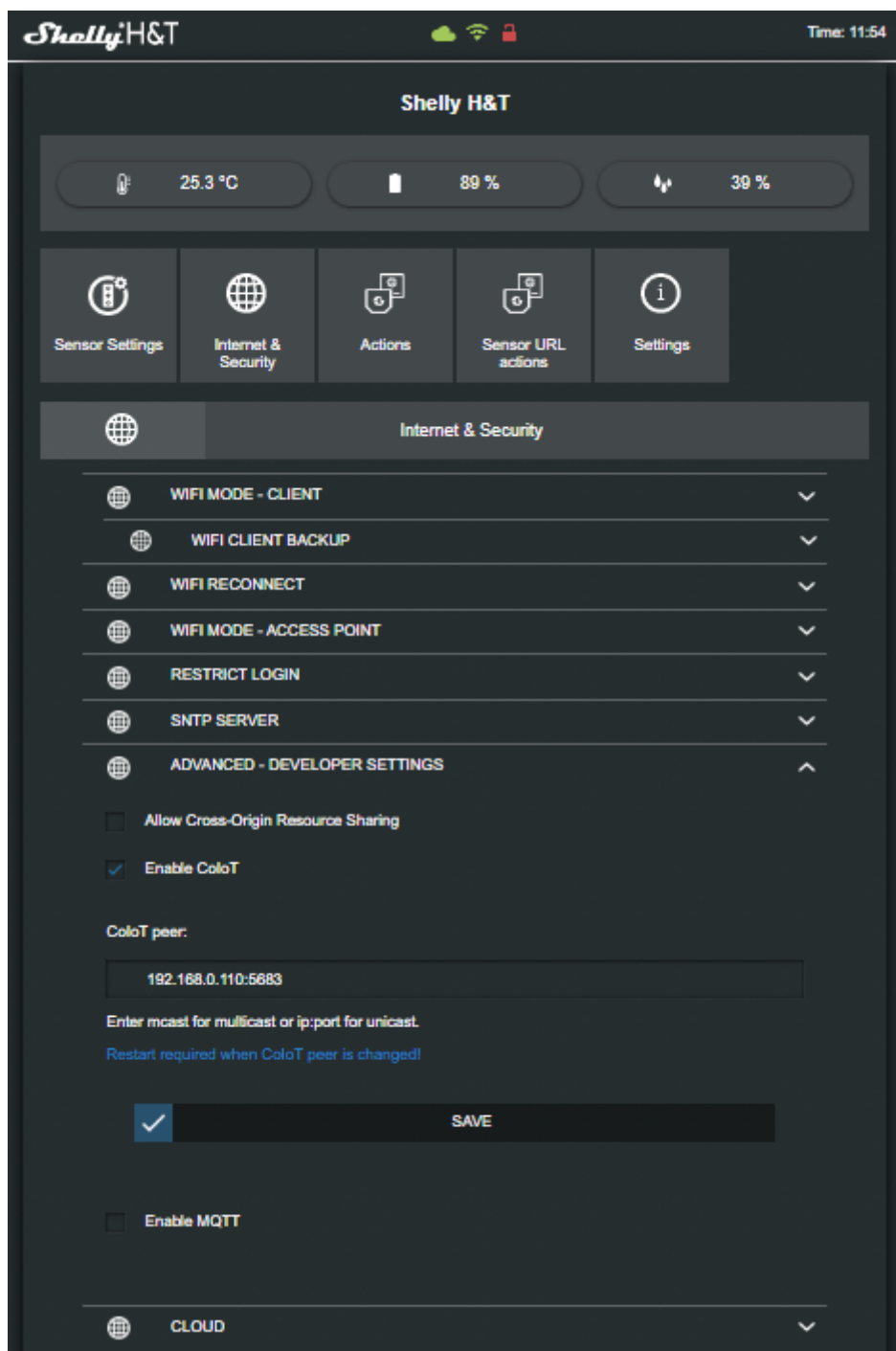


Figura Annex B.13: Menú de configuració per IP dels dispositius Shelly de generació 1

La generació 2 (Shelly Plus H&T o Shelly 1pm) es configura mitjançant el protocol WebSocket. En aquest cas, es pot configurar mitjançant IP, o també a partir del cloud local de Shelly. S'accedeix a la configuració del dispositiu (en aquest cas, a tall d'exemple, el Shelly Plus H&T) / Redes / WebSocket De Salida / Habilitar el Check de Conectividad SSL; introduir la configuració:

Ca.pem

ws://[IP homeassistant]:8123/api/shelly/ws



Figura Annex B.14: Menú de configuració a Shelly Cloud



Figura Annex B.15: Menú de configuració d'un dispositiu Shelly de generació 2 a Shelly Cloud

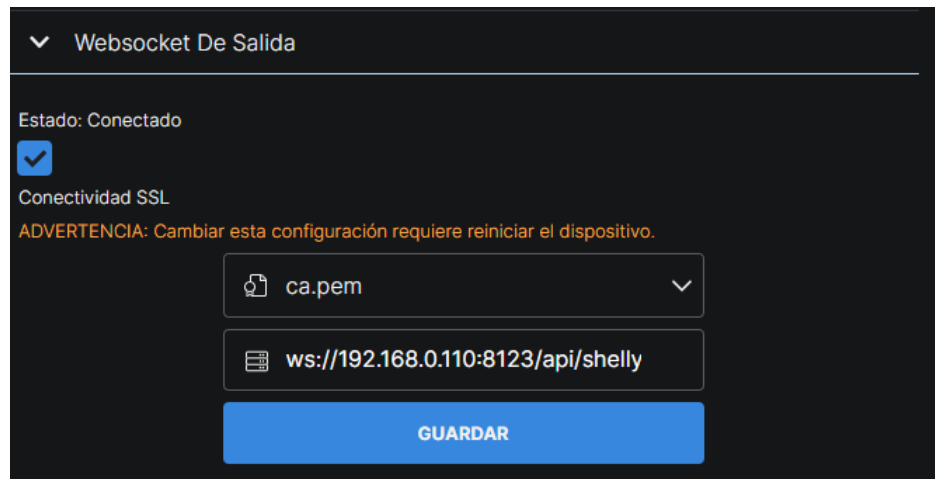


Figura Annex B.16: Paràmetres de configuració d'un dispositiu Shelly de generació 2 per protocol Websocket

Un cop configurat el dispositiu, es pot configurar aquest a Home Assistant.

En el cas de Shelly, el dispositiu no és reconegut de manera automàtica, però es pot configurar fàcilment de manera manual. Accedir a Configuració / Dispositius i Serveis / Afegeix Integració / Nom de la marca (Shelly) / Amfitrió [IP].

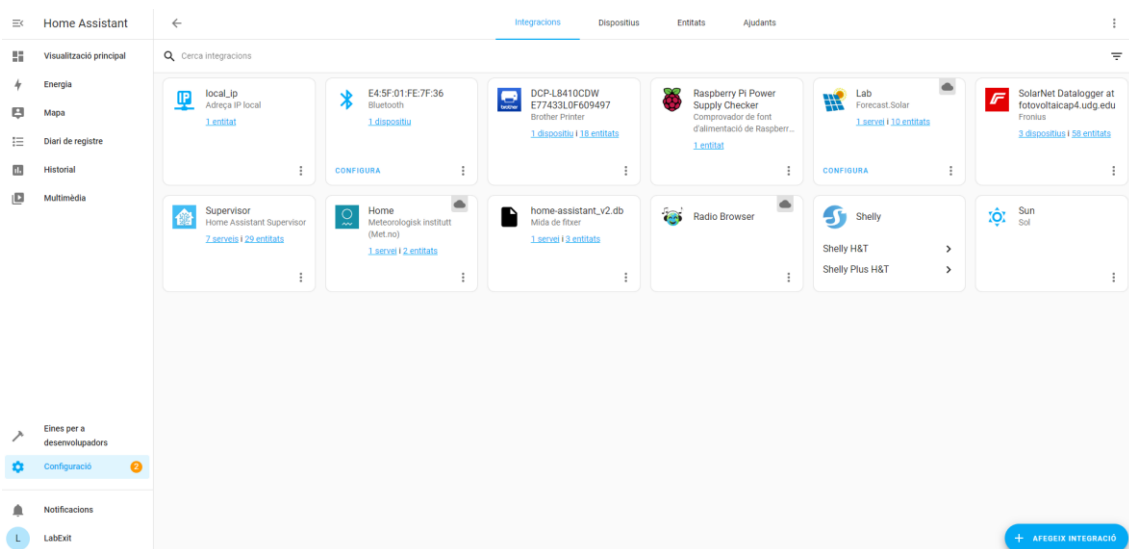


Figura Annex B.17: Menú de Dispositius i Serveis a Home Assistant

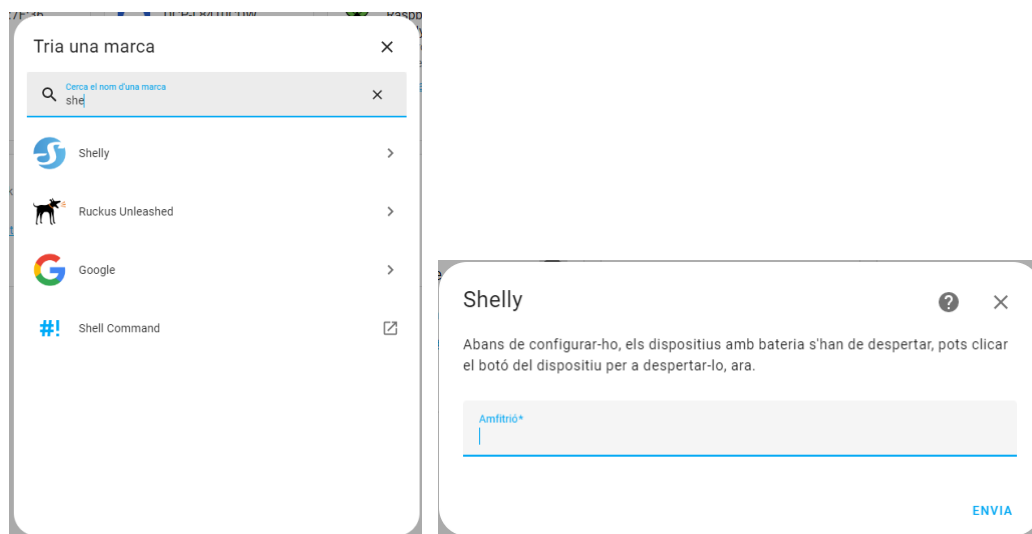


Figura Annex B.18: Cerca de la integració de Shelly a Home Assistant

En dispositius de Generació 2 de Shelly, la IP es pot consultar a l'aplicació del núvol local, dintre del dispositiu a Redes / Wi-Fi 1. En dispositius de Generació 1, la IP s'haurà d'aconseguir per altres mitjans (per exemple, a través de la configuració del Router, identificant el dispositiu).

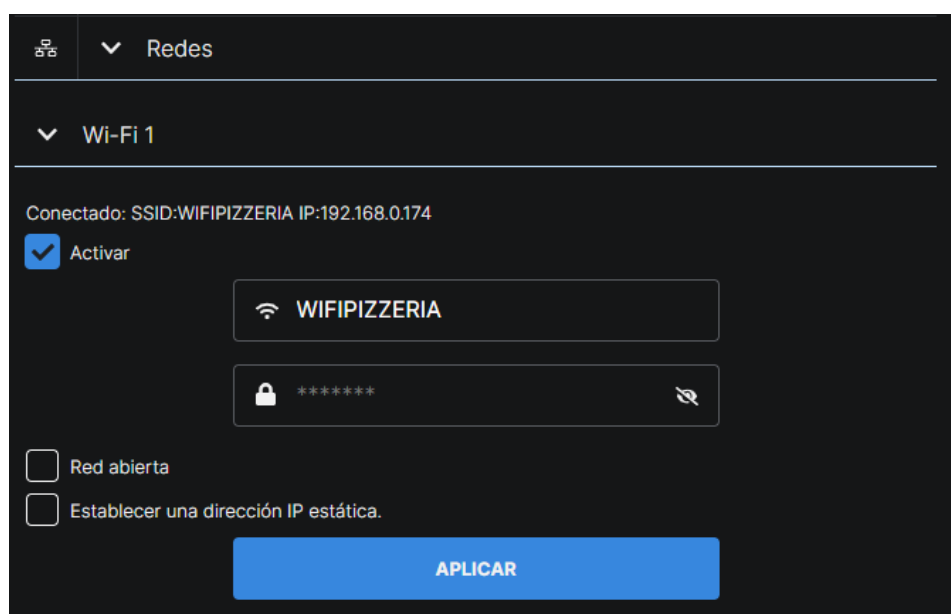


Figura Annex B.19: Obtenció de la IP en dispositius de generació 2 al menú de xarxes de Shelly Cloud

Abans de prémer ENVIA, i d'acord a l'avertiment de HomeAssistant, cal despertar el dispositiu mitjançant el botó per tal de fer la integració amb èxit.

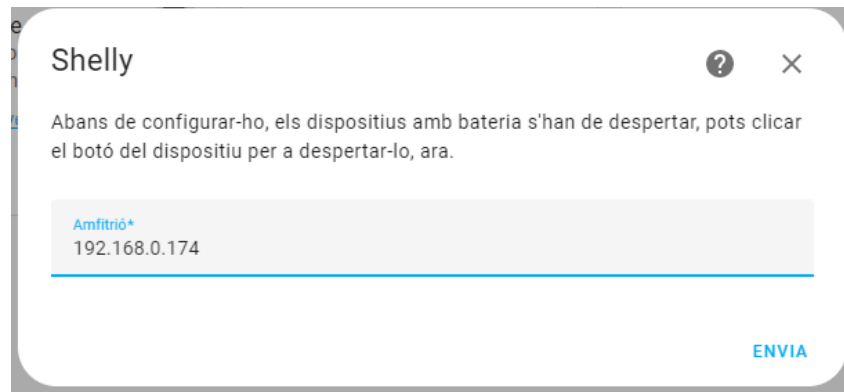


Figura Annex B.20: Introducció de la IP a la interfície de Home Assistant

En aquest cas, a la Figura Annex B.21 s'observa com s'ha afegit el dispositiu shellyplus1pm-441793d4e834.

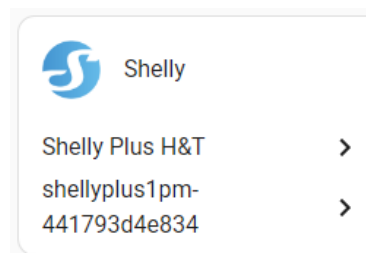


Figura Annex B.21: Dispositiu Shelly introduït correctament

Aquesta integració s'observa, clicant a la fletxeta, que està formada per 1 dispositiu i 13 entitats (veure la Figura Annex B.22).



Figura Annex B.22: Dispositiu Shelly amb 13 entitats associades

Prement el botó dels 3 puntets, es pot canviar el nom (l'àlies, o "friendly name").

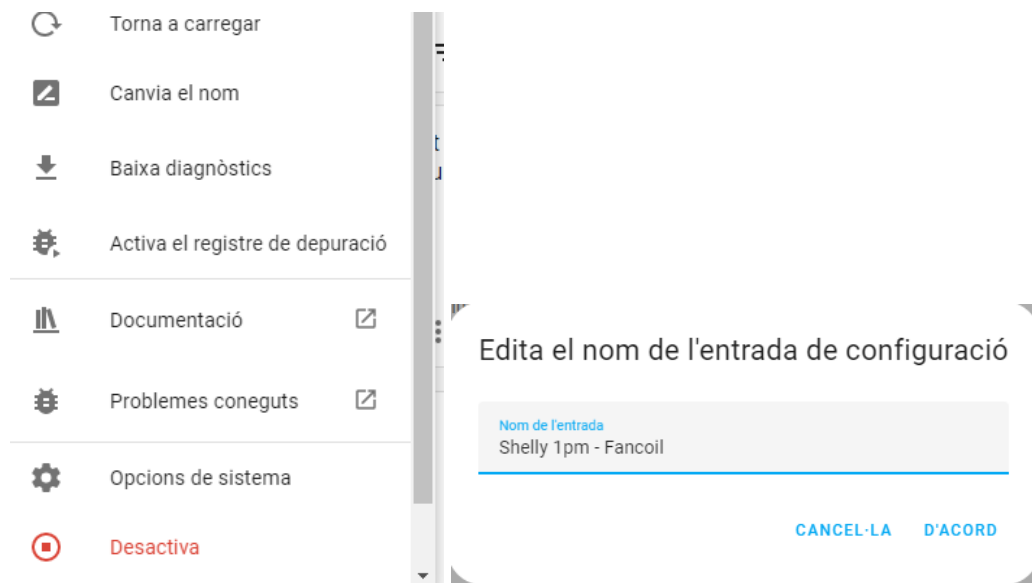


Figura Annex B.23: Edició del nom del dispositiu a Home Assistant

Prement el botó "1 dispositiu" (veure la Figura Annex B.22) es pot accedir a tota la informació del dispositiu (veure la Figura Annex B.24), atenent entre d'altres als estats dels sensors integrats en ell, o en quines automatitzacions i scripts es troba involucrat.

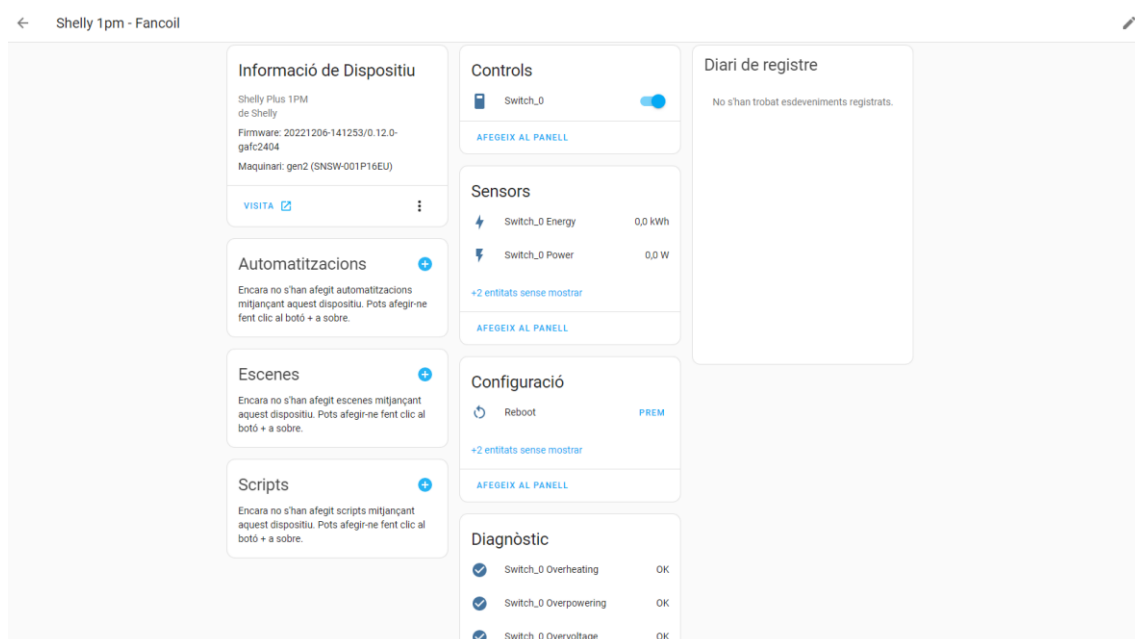


Figura Annex B.24: Informació del dispositiu a Home Assistant

Desplegant els menús, es pot observar quins sensors hi ha disponible per monitoritzar, les configuracions disponibles, i els diagnòstics.

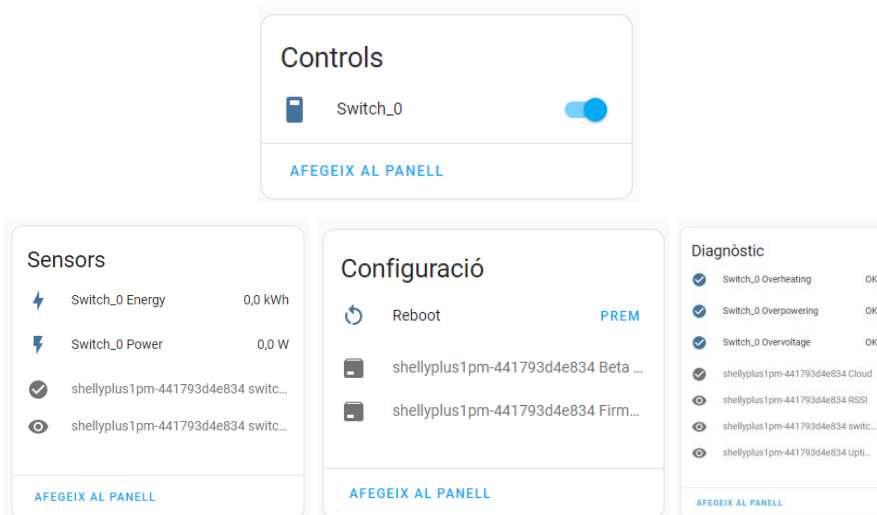


Figura Annex B.25: Configuracions disponibles i diagnòstic del dispositiu Shelly

B.3.2. Entitats sota protocol MQTT

Al laboratori es disposen de diversos dispositius en xarxa basats en sistemes ESP32, els quals envien les dades mitjançant protocol MQTT a una base de dades ubicada al núvol d'Amazon Web Services, de la qual es nodreix l'aplicació de Geotèrmia²⁶. En revisions posteriors, s'ha replicat l'enviament de les dades també cap a una base dades del laboratori paral·lela. Alguns d'aquests dispositius són:

- Sensor de mesura de temperatura i humitat a la sortida del fancoil (dispositiu amb identificador Dht54D0)
- Sensor de mesura de temperatura i humitat ambients al laboratori (dispositiu amb identificador Dht4CFB)

MQTT és un dels protocols més utilitzats en IoT. Es basa en un dispositiu que pren el rol de "broker" que és l'encarregat de gestionar la xarxa. Els diferents "clients" de la xarxa poden "publicar" dades en uns "tòpics" predefinits, així com "subscriure's" a d'altres. D'aquesta manera, poden enviar o rebre informació.

²⁶ <https://app.exit.udg.edu/geotermia/>

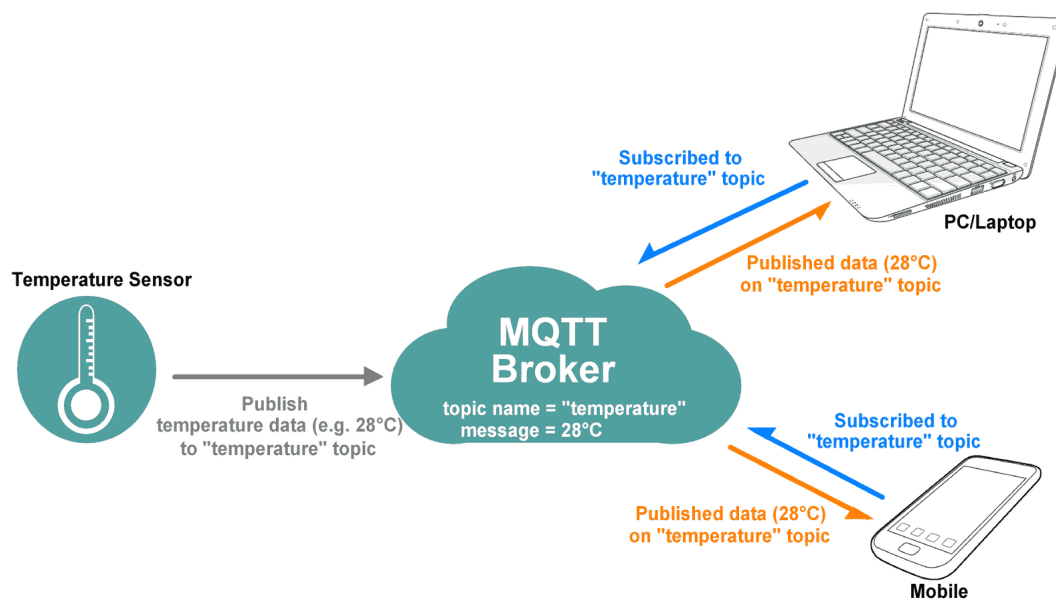


Figura Annex B.26: Esquema de comunicacions del protocol MQTT. Font: FIRTEC²⁷

En el cas de Home Assistant, s'estableix ell mateix com a "broker" de la xarxa i els diferents dispositius de la xarxa com a "clients". Això implica que, per tal de configurar l'adquisició de dades de sensors basats en ESP32 (mitjançant llenguatge Arduino) amb el Home Assistant, cal programar els ESP32 per una banda com a clients i el Home Assistant com a broker.

El codi Arduino resta en propietat de l'eXiT en referència a la protecció de dades (en el codi s'hi troben les diferents credencials referents a la xarxa local i Amazon Web Services). Per tal de combinar i mantenir les diferents dades de dades, s'ha estructurat el codi per tal que el dispositiu alterni les connexions a un broker MQTT i a l'altre.

Home Assistant té una funcionalitat particular anomenada "discovery" o descobriment. Aquesta funció permet, mitjançant l'enviament d'un "payload"²⁸ contra un títol concret (<prefix_discovery>/<component>/[<node_id>]/<object_id>/config²⁹), designar la configuració del dispositiu i les seves característiques, així com el títol contra el que s'enviarà el payload amb les dades mesurades. A tenir en compte que, degut a la

²⁷ Figura obtinguda de FIRTEC – Què es MQTT, disponible a: <https://www.firtec.com.ar/cms/53-que-es-mqtt>

²⁸ Un payload és, en argot MQTT, el missatge enviat.

²⁹ Visitar l'enllaç per a més informació: <https://www.home-assistant.io/integrations/mqtt/>

inestabilitat del sistema observada experimentalment, s'ha considerat oportú enviar cada cop el payload discovery des del dispositiu programat a Home Assistant.

```
// Publish data in Home-Assistant
HASSConnect();
discoverhass();
sprintf(payload, "{\"temperature\": %.2f, \"humidity\": %d, \"heat_index\": %.2f}", temp, hum, hi);
pub_return = hass.publish(TOPIC_NAME_hass, payload);
if (pub_return) {
    Serial.print("Published in Home-Assistant:");Serial.print(payload);
    Serial.print(" in topic:");Serial.println(TOPIC_NAME_hass);
}
else {
    Serial.println("Publish in Home-Assistant failed");
}
HASSDisconnect();

// Home-Assistant: MQTT Discovery - setup the config of the device and entities before start sending data
void discoverhass() {
//HASSDisconnect();
Serial.print("Discovering the sensor by the Home-Assistant");
char payloadhassdev[612];
// Publish data in Home-Assistant
// Temperature:
sprintf(payloadhassdev, "{\"name\":\"%s Temperature\", \"ret\":\"true\", \"frc_upd\":\"true\", \"stat_t\":\"%s\", \"unit_of_meas\":\"°C\", \"dev_cla\":\"temperature\", \"stat_cla\":\"measureme",
bool pub_return = hass.publish(TOPIC_NAME_hass_discovery[0], payloadhassdev);
if (pub_return) {
    Serial.print("Published in Home-Assistant:");Serial.print(payloadhassdev);
    Serial.print(" in topic:");Serial.println(TOPIC_NAME_hass_discovery[0]);
}
else {
    Serial.println("Publish failed");
}

// Humidity:
sprintf(payloadhassdev, "{\"name\":\"%s Humidity\", \"ret\":\"true\", \"frc_upd\":\"true\", \"stat_t\":\"%s\", \"unit_of_meas\":\"%s\", \"dev_cla\":\"humidity\", \"stat_cla\":\"measurement\", \"
pub_return = hass.publish(TOPIC_NAME_hass_discovery[1], payloadhassdev);
if (pub_return) {
    Serial.print("Published in Home-Assistant:");Serial.print(payloadhassdev);
    Serial.print(" in topic:");Serial.println(TOPIC_NAME_hass_discovery[1]);
}
else {
    Serial.println("Publish failed");
}

// Heat Index:
sprintf(payloadhassdev, "{\"name\":\"%s Heat Index\", \"ret\":\"true\", \"frc_upd\":\"true\", \"stat_t\":\"%s\", \"unit_of_meas\":\"°C\", \"dev_cla\":\"temperature\", \"stat_cla\":\"measur",
pub_return = hass.publish(TOPIC_NAME_hass_discovery[2], payloadhassdev);
if (pub_return) {
    Serial.print("Published in Home-Assistant:");Serial.print(payloadhassdev);
    Serial.print(" in topic:");Serial.println(TOPIC_NAME_hass_discovery[2]);
}
else {
    Serial.println("Publish failed");
}
}
```

Figura Annex B.27: Detalls del codi Arduino de la connexió d'un dispositiu ESP32 a Home Assistant mitjançant el protocol de comunicació MQTT

Un cop programat el codi en Arduino es pot realitzar la configuració a de MQTT a Home Assistant. La configuració es realitza en diverses etapes:

- 1- Crear un usuari:

Configuració / Persones / Usuaris / Afegix Usuari

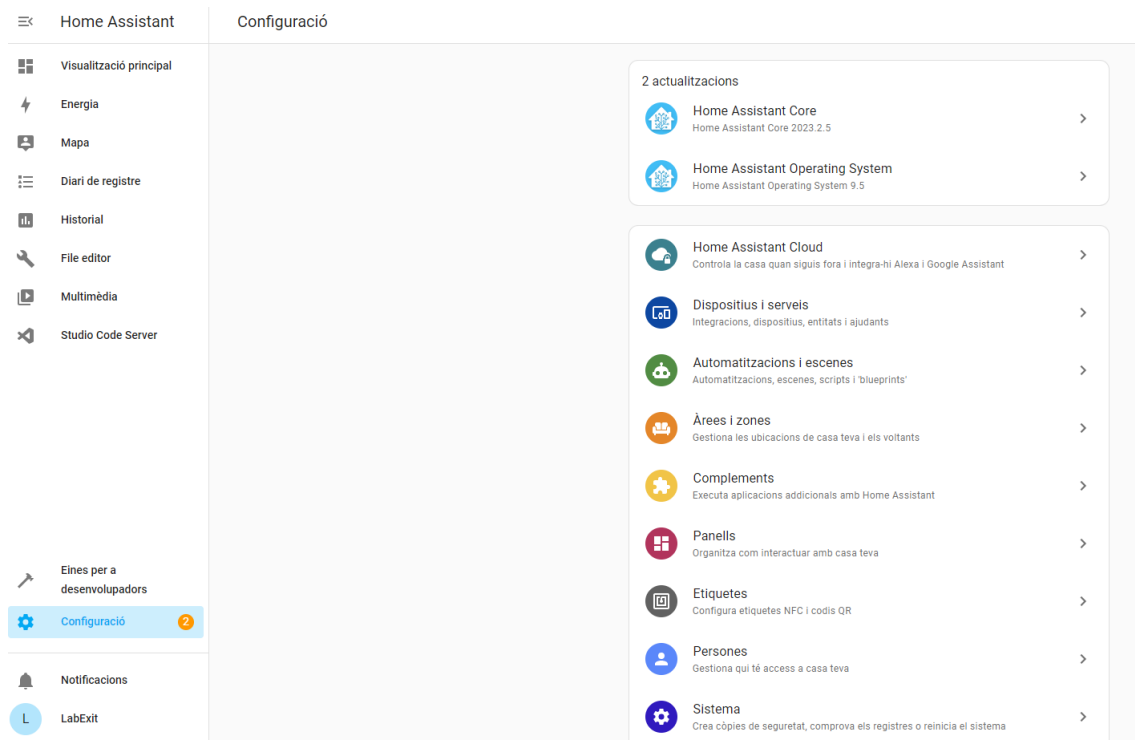


Figura Annex B.28: Panell de Configuració de Home Assistant

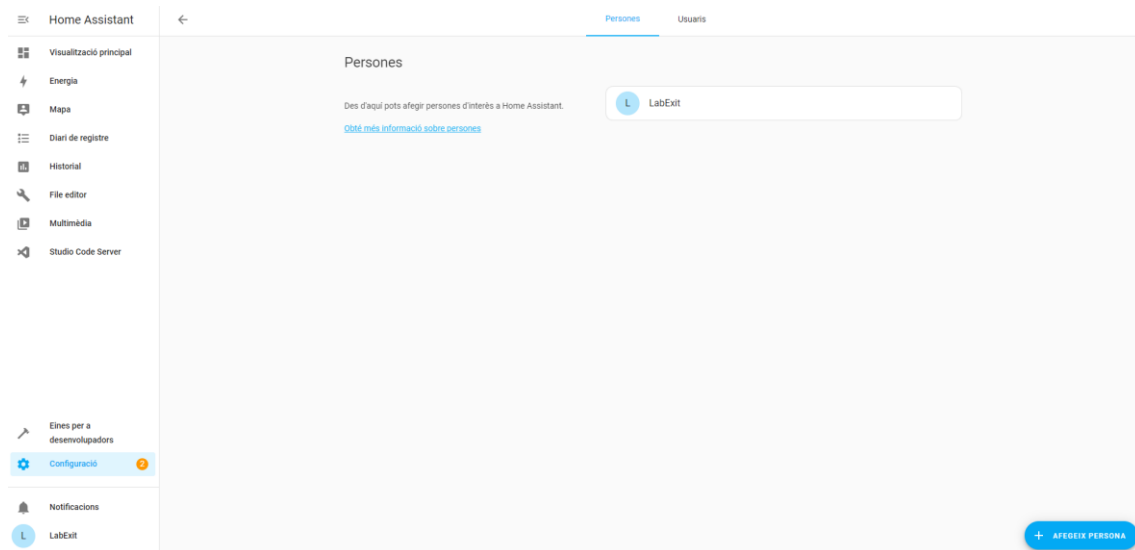


Figura Annex B.29: Menú de Configuració de Persones de Home Assistant

Nom de visualització	Nom d'usuari	Grup	Actiu	Sistema	Local
Home Assistant Content	-	Usuari de només lectura	✓	✓	
LabExit	labexit	Propietari	✓		
Lily	lily	Usuari	✓		✓
MQTTClient	mqtclient	Usuari	✓		✓
Supervisor	-	Administradors	✓		✓

Figura Annex B.30: Menú d'usuaris de Home Assistant

S'introdueixen les dades de l'usuari que s'utilitzaran per configurar MQTT. En aquest cas s'ha utilitzat:

Usuari: mqtclient

Afegir usuari ×

Nom de visualització
MQTTClient

Nom d'usuari
mqtclient

Contrasenya
.....

Confirma la contrasenya
.....

Només es pot iniciar sessió des de la xarxa local

Administrador

El grup d'usuaris encara no està del tot acabat. L'usuari no podrà administrar la instància a través de la interfície d'usuari. Encara estem verificant tots els punts de l'API de gestió per assegurar-nos que limiten correctament l'accés als administradors.

CREAR

Figura Annex B.31: Credencials del nou usuari de Home Assistant

2- Instal·lar el complement Mosquitto Broker:

Configuració / Complementos / Directori de complementos / Buscar “mosquitto broker” i instal·lar.

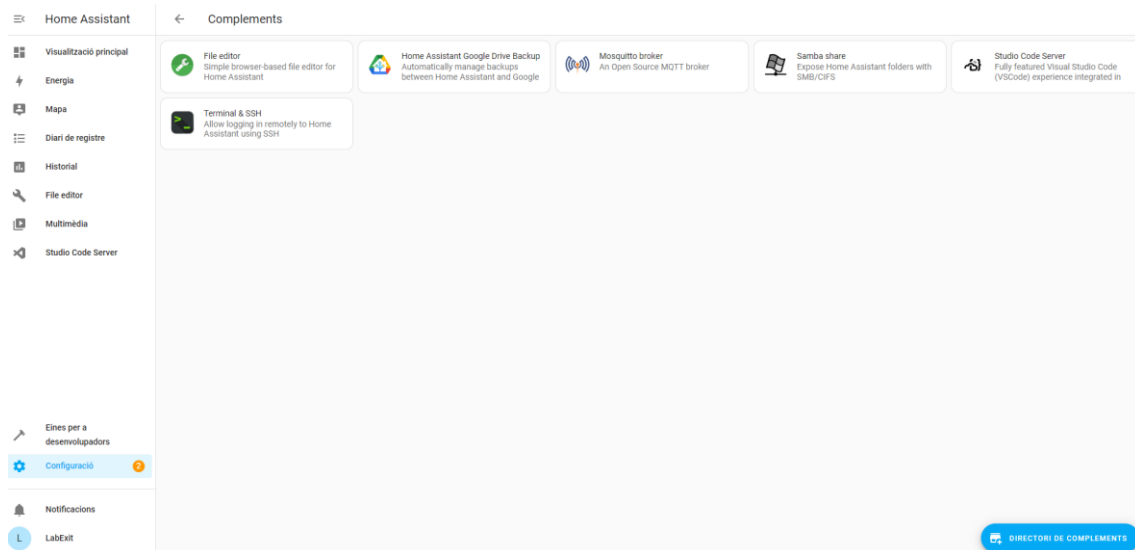


Figura Annex B.32: Menú de Complementos, accedit des del panell de Configuració

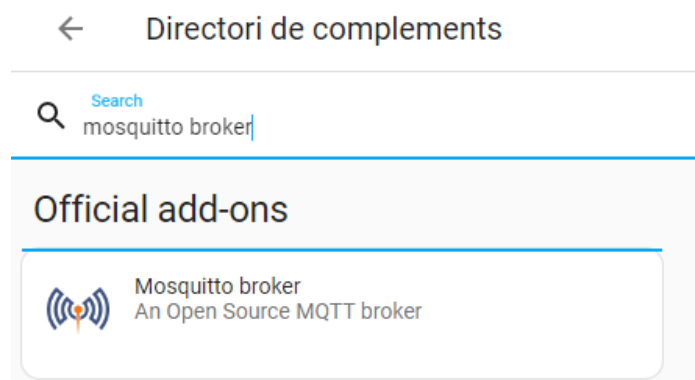


Figura Annex B.33: Cerca del complement “Mosquitto broker”

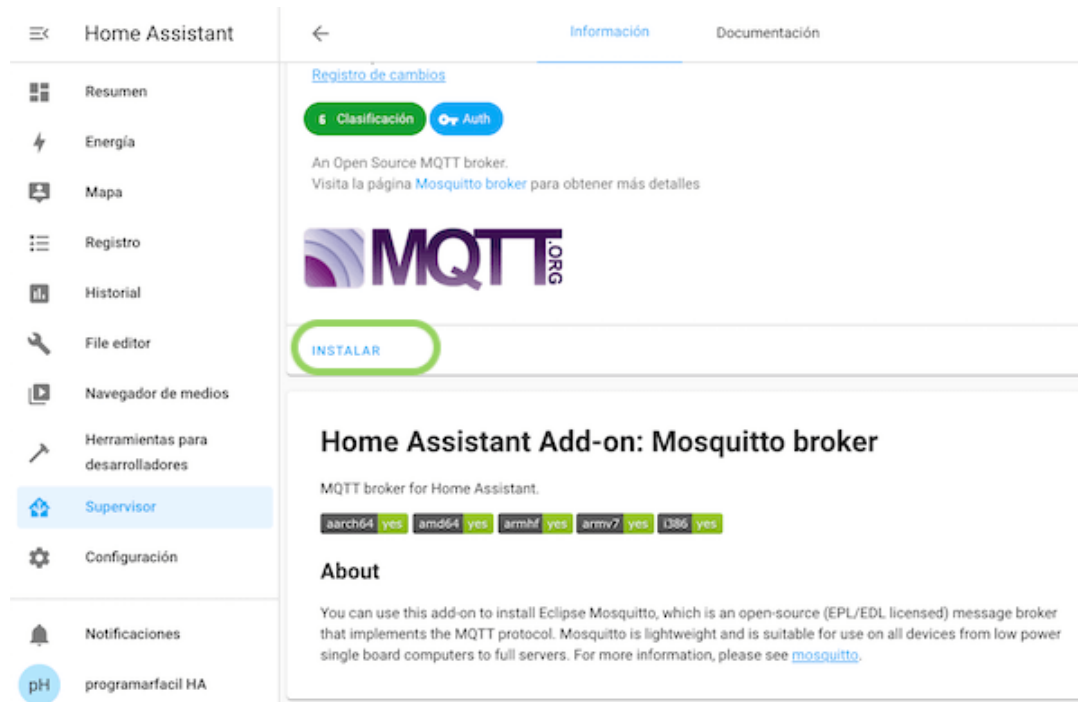


Figura Annex B.34: Instal·lació del complement de Mosquitto broker

Un cop instal·lat, configurar-lo activant la opció “Gos guardià” i Iniciar.

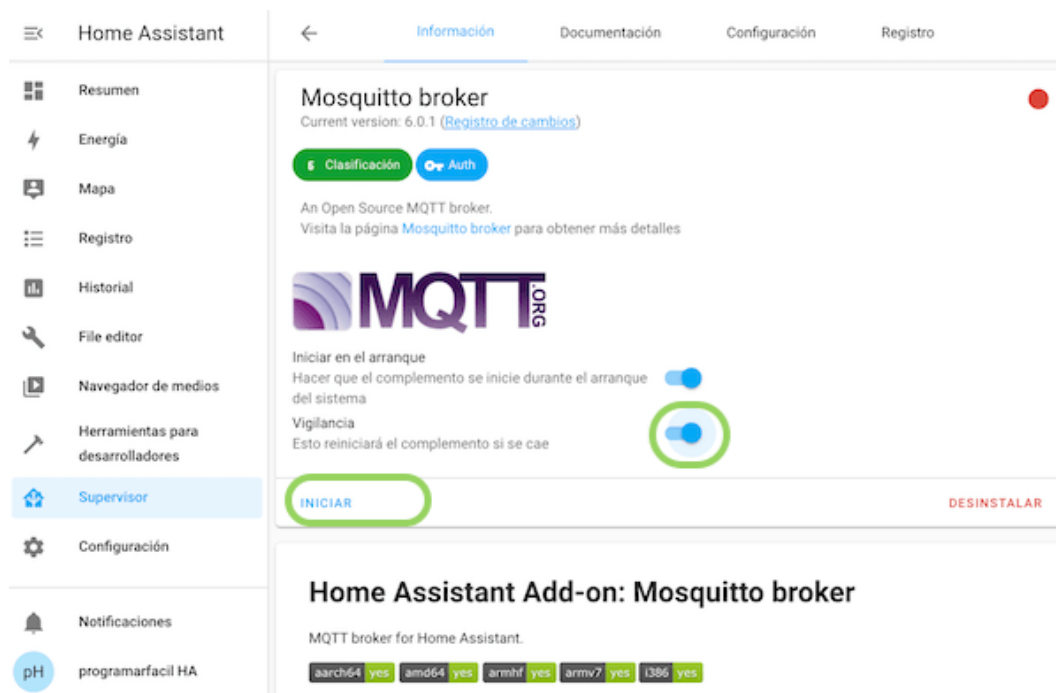


Figura Annex B.35: Configuració de “Gos guardià” i Iniciar

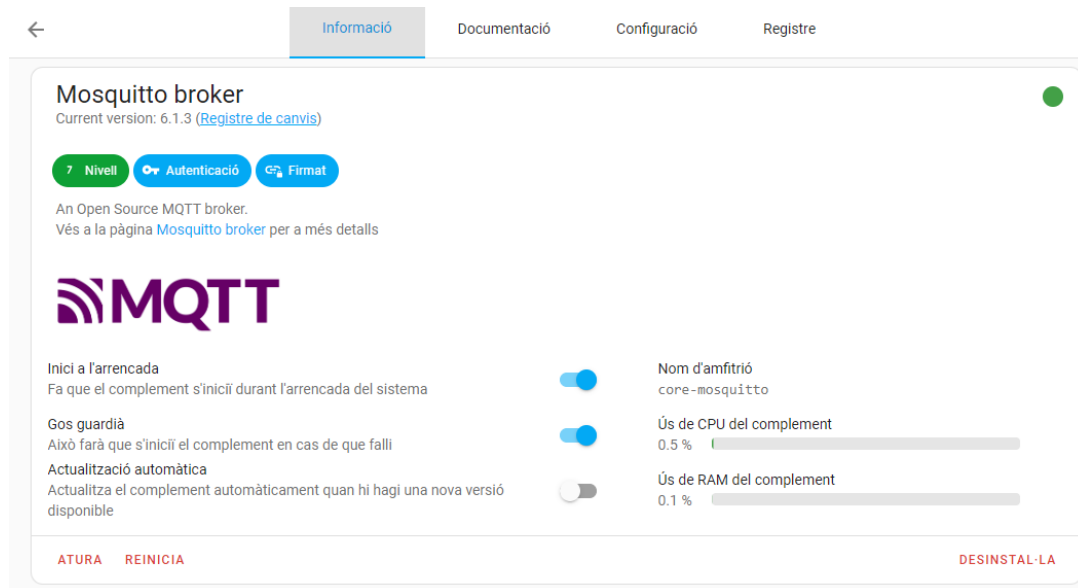


Figura Annex B.36: Menú del complement un cop iniciat

3- Configurar la integració MQTT:

Configuració / Dispositius i Serveis: Home-Assistant haurà detectat una nova integració: MQTT. Clicar “Configurar” i automàticament s’afegirà la integració.

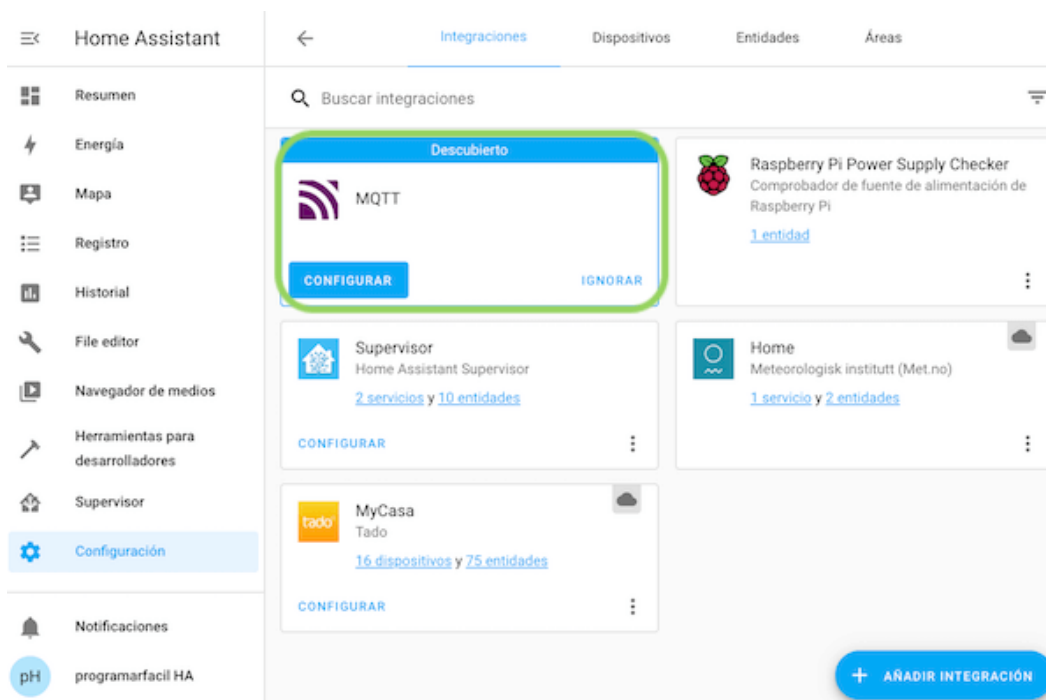


Figura Annex B.37: Menú de Dispositius i Serveis, on apareix com a nova descoberta la integració MQTT



Figura Annex B.38: Un cop instal·lat la integració, els dispositius s'instal·len automàticament gràcies a la funcionalitat discovery implementada al codi Arduino

Clicar a Configura / Torna a Configurar MQTT i introduir el nom d'usuari i la contrasenya creats per a l'MQTT.

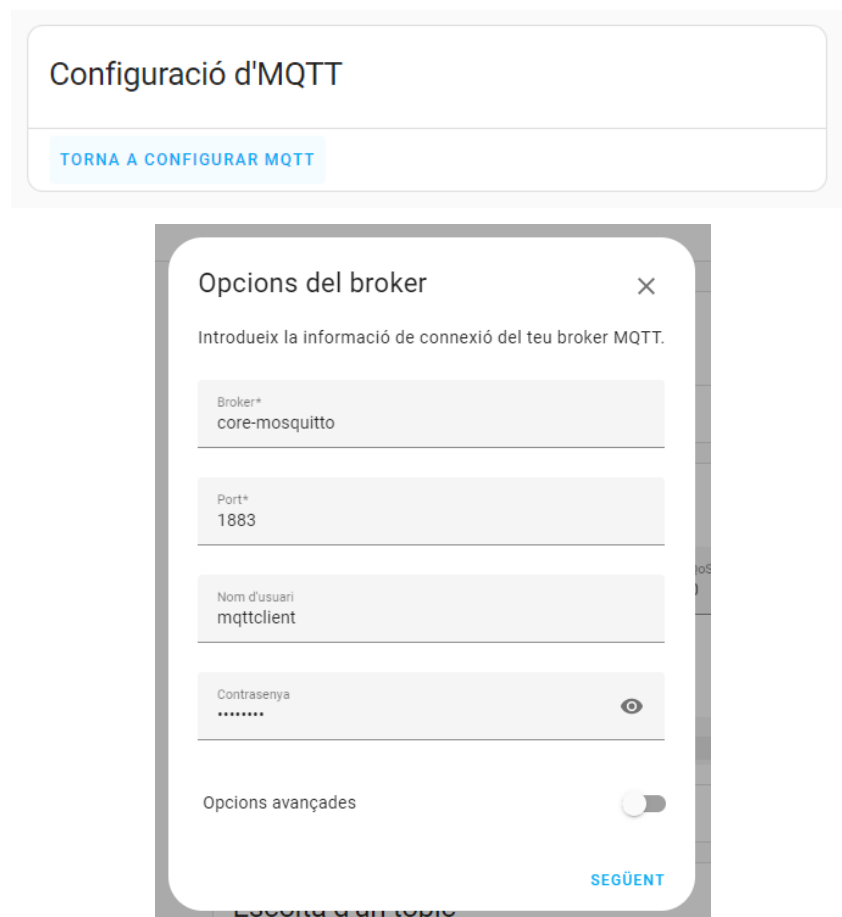


Figura Annex B.39: Introducció al menú de Configuració d'MQTT, amb les credencials

Clicar Següent i assegurar que el descobriment està activat, i que el prefix de descobriment coincideix amb el configurat al codi Arduino.



Figura Annex B.40: Activació del mode discovery (descobrimet)

4- Confirmar que s'ha configurat correctament:

Per una banda, a Configuració / Dispositius i Serveis / Integracions / Configura core-mosquitto, si s'escolta el tòpic (es pot escriure # per escoltar tots els tòpics i formatar el contingut JSON), es pot comprovar si s'està rebent correctament la informació.

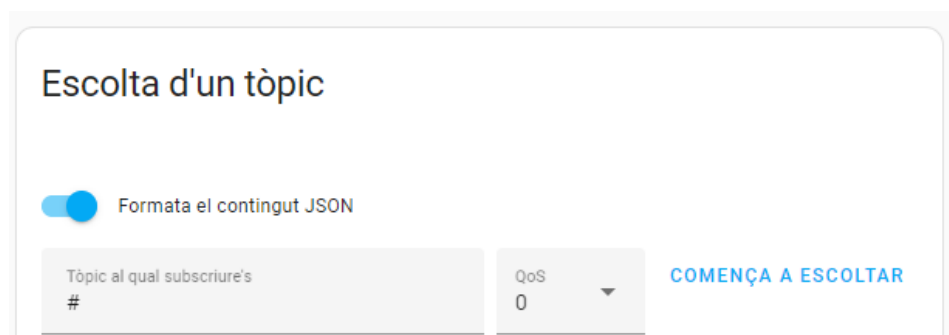


Figura Annex B.41: Menú d'escoltar un tòpic, cercant # per escoltar tots els tòpics rebuts

Exemples:

Missatge 3 rebut a homeassistant/dht4CFB/state a les 12:24:

```
{
  "temperature": 26.5,
  "humidity": 32,
  "heat_index": 26.04
}
```

QoS: 0 - Retain: false

Missatge 2 rebut a homeassistant/sensor/heat_index/config a les 12:24:

```
{
  "name": "dht4CFB Heat Index",
  "ret": "true",
  "frç_upd": "true",
  "stat_t": "homeassistant/dht4CFB/state",
  "unit_of_meas": "°C",
  "dev_cla": "temperature",
  "stat_cla": "measurement",
  "uniq_id": "dht4CFBtestheatindex",
  "val_tpl": "{{ value_json.heat_index }}",
  "dev": {
    "ids": [
      "dht4CFB"
    ],
    "name": "dht4CFB",
    "mdl": "dht"
  }
}
```

QoS: 0 - Retain: false

Figura Annex B.42: Exemples de tòpics rebuts al broker MQTT de Home Assistant

D'altra banda, Home Assistant hauria d'haver creat automàticament el dispositiu i les entitats d'acord al tòpic discovery (veure la Figura Annex B.38).

The screenshot shows the configuration menu for a device named 'dht4CFB'. The interface includes the MQTT logo in the top right corner. The main content is organized into several sections:

- Informació de Dispositiu:** Shows the device name 'dht' and a 'MQTT INFO' button with a dropdown menu icon.
- Sensors:** Lists three sensors: Heat Index (25,93 °C), Humidity (32%), and Temperature (26,4 °C). There is an 'AFEGEIX AL PANELL' button below the list.
- Automatitzacions:** A section with a plus icon and text indicating that no automations have been added yet.
- Escenes:** A section with a plus icon and text indicating that no scenes have been added yet.
- Scripts:** A section with a plus icon and text indicating that no scripts have been added yet.
- Diari de registre:** A section with the text 'No s'han trobat esdeveniments registrats.'

Figura Annex B.43: Menú del nou dispositiu MQTT

The screenshot shows the 'Entitats' (Entities) tab in the Lovelace interface. It displays a table of entities integrated via MQTT. The table has columns for selection, name, ID, integration, area, disabled by, and status.

<input type="checkbox"/>	Nom	ID de l'entitat	Integració	Àrea	Desactivat per	Estat
<input type="checkbox"/>	dht4CFB Heat Index	sensor.dht4cfb_heat_index	MQTT	-	-	-
<input type="checkbox"/>	dht4CFB Humidity	sensor.dht4cfb_humidity	MQTT	-	-	-
<input type="checkbox"/>	dht4CFB Temperature	sensor.dht4cfb_temperature	MQTT	-	-	-

Figura Annex B.44: Entitats del nou dispositiu MQTT

Finalment, aquestes noves entitats es poden afegir al Lovelace (veure l'apartat de l'annex B.7 Configuració de Lovelace) i visualitzar a l'Historial (veure l'apartat de l'annex B.2.3 Historial).

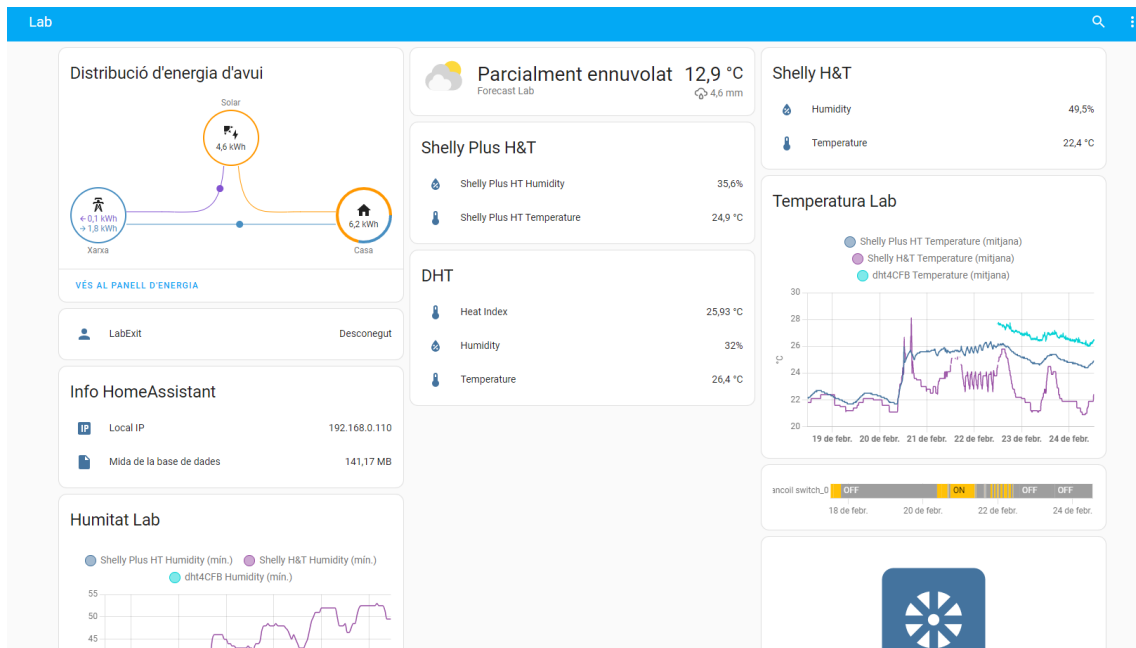


Figura Annex B.45: Sensors introduïts al Lovelace

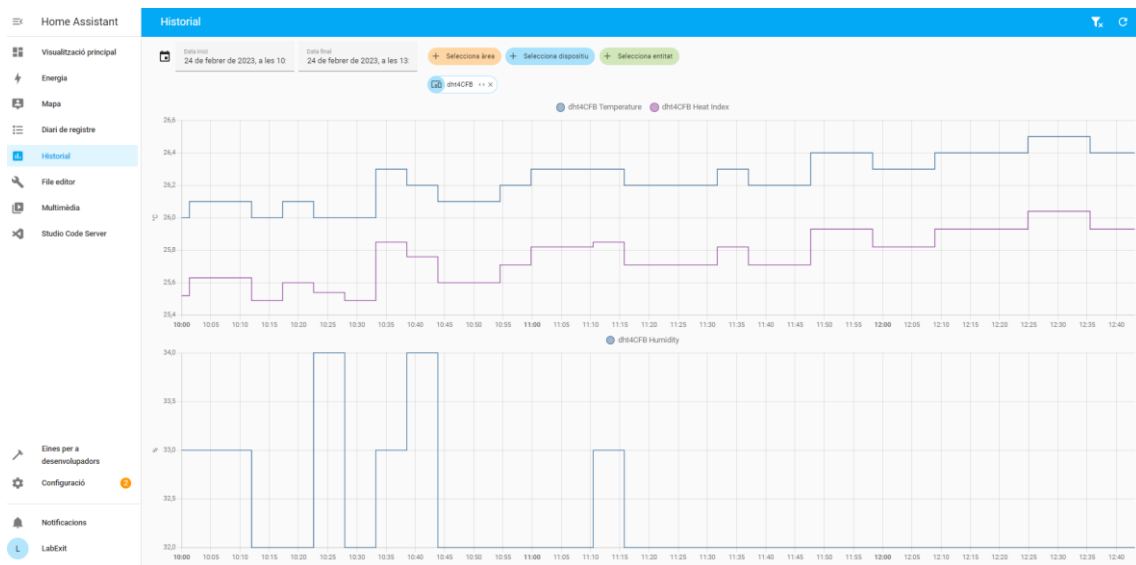


Figura Annex B.46: Consulta dels sensors a l'Historial

Per a l'elaboració d'aquest apartat, s'han consultat alguns enllaços d'interès:

<https://www.home-assistant.io/integrations/mqtt/>

<https://www.home-assistant.io/blog/2015/09/11/different-ways-to-use-mqtt-with-home-assistant/>

<https://programarfacil.com/domotica/tasmota/>

<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-nodemcu-mqtt-publish-dht11-dht22-arduino/>

<https://www.home-assistant.io/blog/2015/10/11/measure-temperature-with-esp8266-and-report-to-mqtt/>

<https://elosciloscopio.com/tutorial-mqtt-para-home-assistant/>

<https://roelofjanelinga.com/articles/mqtt-discovery-with-an-arduino/>

B.3.3. ESPHome

ESPHome, que va néixer de manera independent, va ser adquirida posteriorment per Nabu Casa, l'empresa que també és propietària de Home Assistant. És per això que és un programari molt interessant d'incorporar al sistema de Home Assistant degut a la seva gran compatibilitat i senzillesa d'ús.

En definitiva, ESPHome és un framework que permet disposar d'una plataforma de programació de dispositius basats en chipset ESP32, i programar-los de manera simple en codi YAML. Incorporant el complement d'ESPHome a Home Assistant (veure l'apartat de l'annex B.4 Complementos), es pot instal·lar la capa de firmware necessària a l'ESP32, i actualitzar via OTA els dispositius.

A més, es disposa d'una pàgina web oficial³⁰ amb tota la informació necessària per configurar els dispositius amb múltiples tipus de sensors i actuadors.

Per treballar amb ESPHome cal operar de la següent manera, instal·lant primer el complement, posteriorment el firmware al dispositiu i, finalment, programar el dispositiu.

1- Instal·lació d'ESPHome a ESP32:

Configuració / Complementos / Directori de Complementos / Buscar "ESPHome".

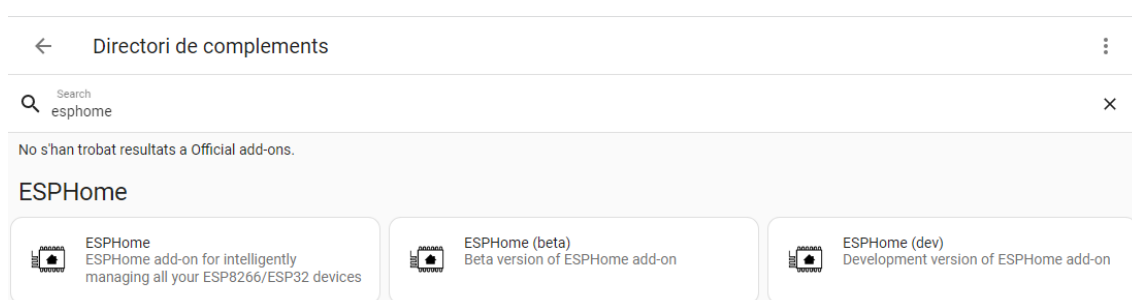


Figura Annex B.47: Cerca del complement d'ESPHome

Clicar i Instal·lar.

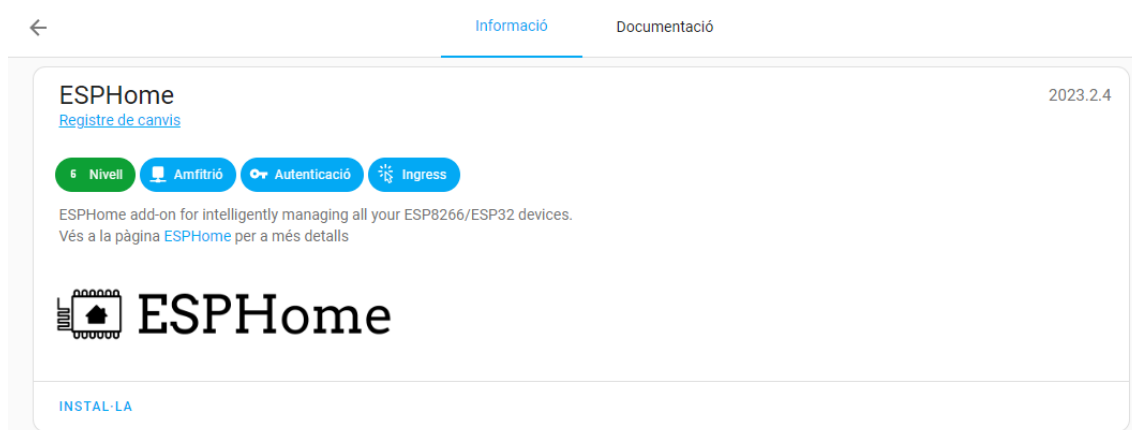


Figura Annex B.48: Instal·lació del complement

³⁰ <https://esphome.io/>

Seleccionar “Gos Guardià” i Inicia.

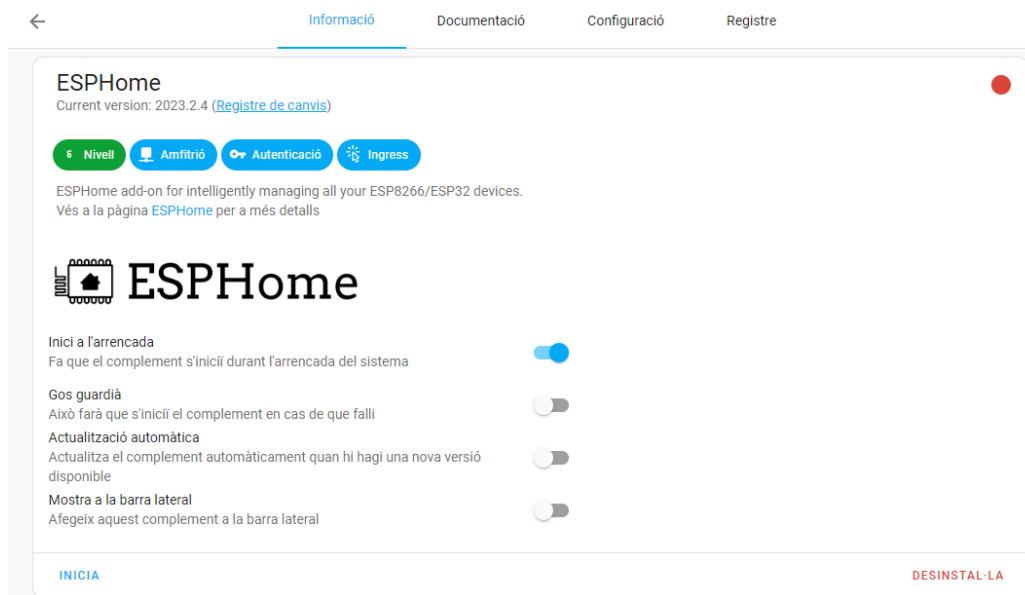


Figura Annex B.49: Iniciar ESPHome després de clicar la opció Gos Guardià

- 2- Un cop instal·lat ESPHome, es pot procedir a la instal·lació del firmware al dispositiu ESP32 respectiu:

Obrir la IU Web.

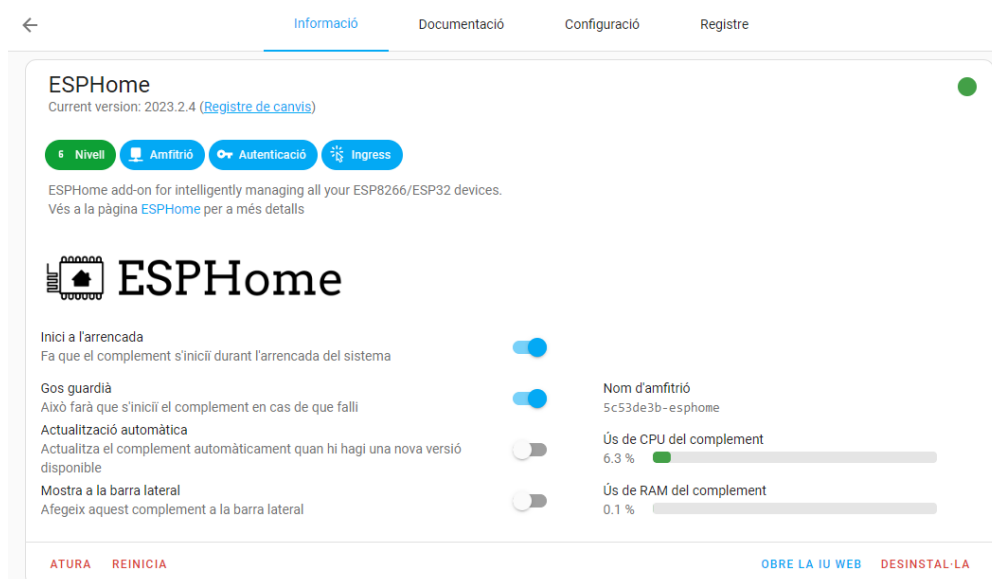


Figura Annex B.50: Obre la IU WEB

Connectar l'ESP32 a l'USB de l'ordinador i clicar NEW DEVICE.

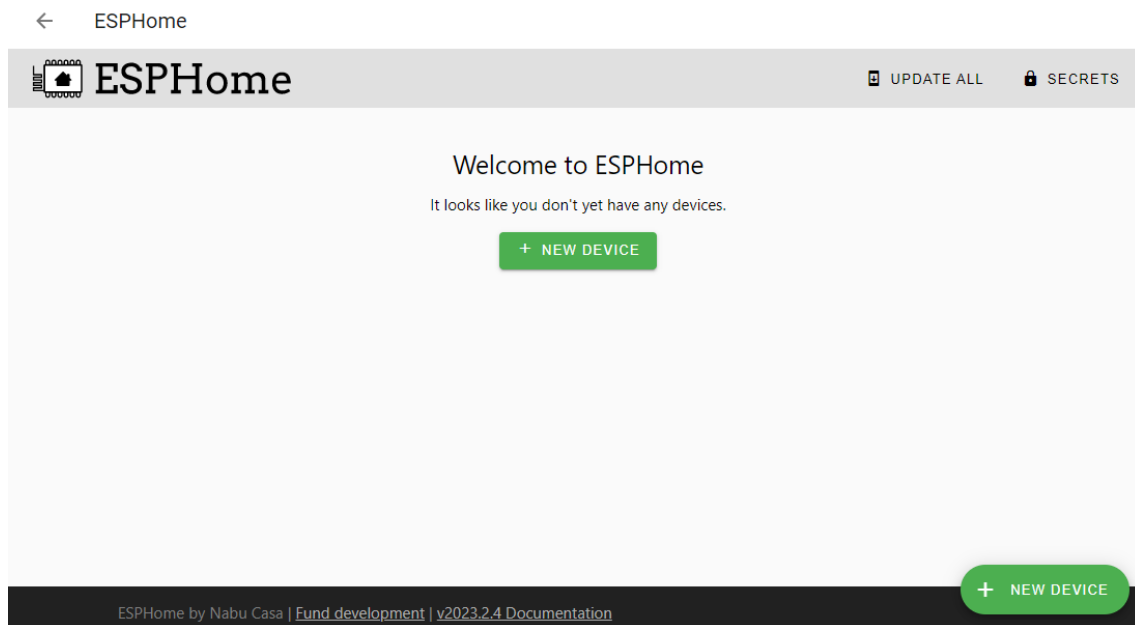


Figura Annex B.51: Interfície d'ESPHome

Prémer Continue.

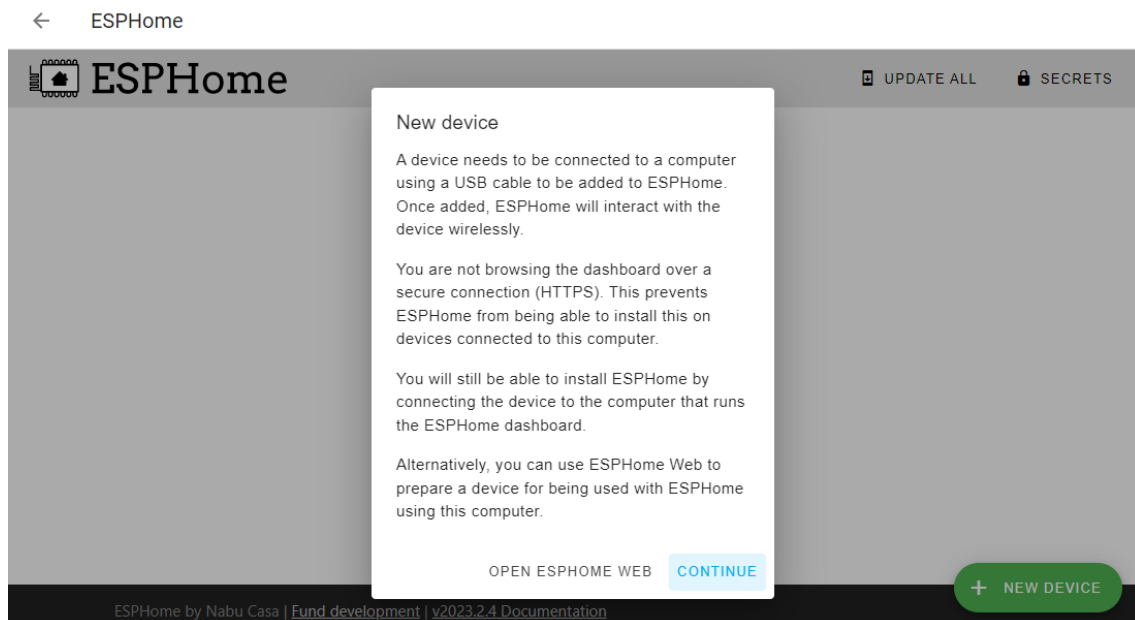


Figura Annex B.52: Menú per afegir un nou dispositiu

Crear la configuració del sensor. Name: DHT ESP32MHET

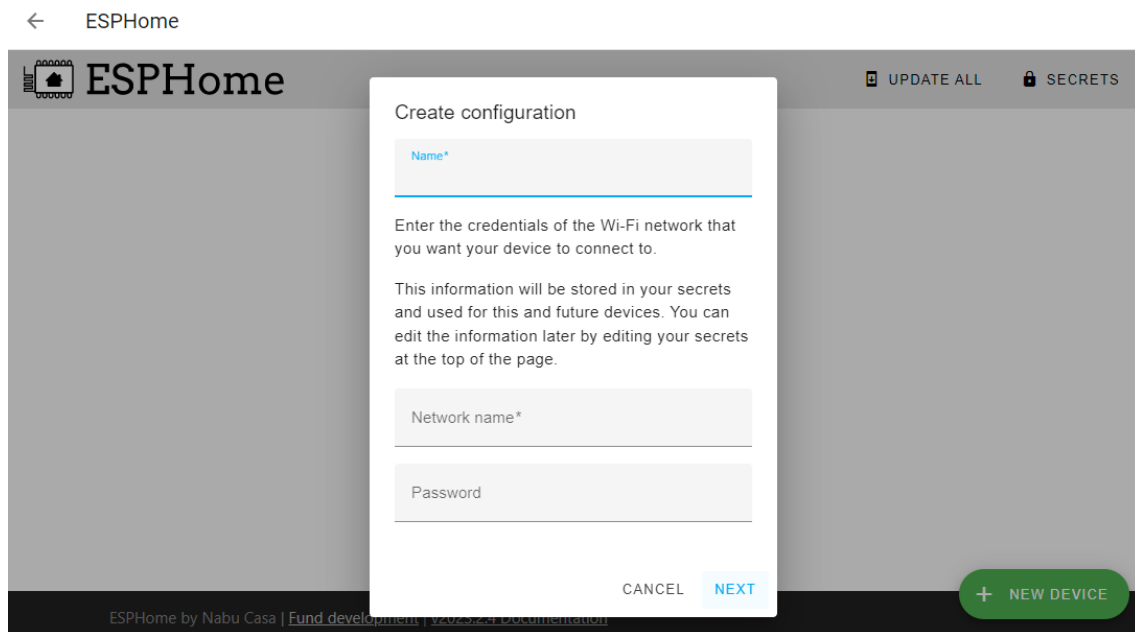


Figura Annex B.53: Creació d'una configuració prèvia del nou dispositiu

A close-up view of the 'Create configuration' dialog box. The 'Name*' field contains the text 'DHT ESP32MHET'. The 'Network name*' field contains the text 'WIFIPIZZERIA'. The 'Password' field contains a series of dots representing a redacted password. Below the password field, there is a note: 'Leave blank if no password'. At the bottom of the dialog are 'CANCEL' and 'NEXT' buttons.

Figura Annex B.54: Credencials del nou dispositiu

Seleccionar el tipus de Device (ESP32).

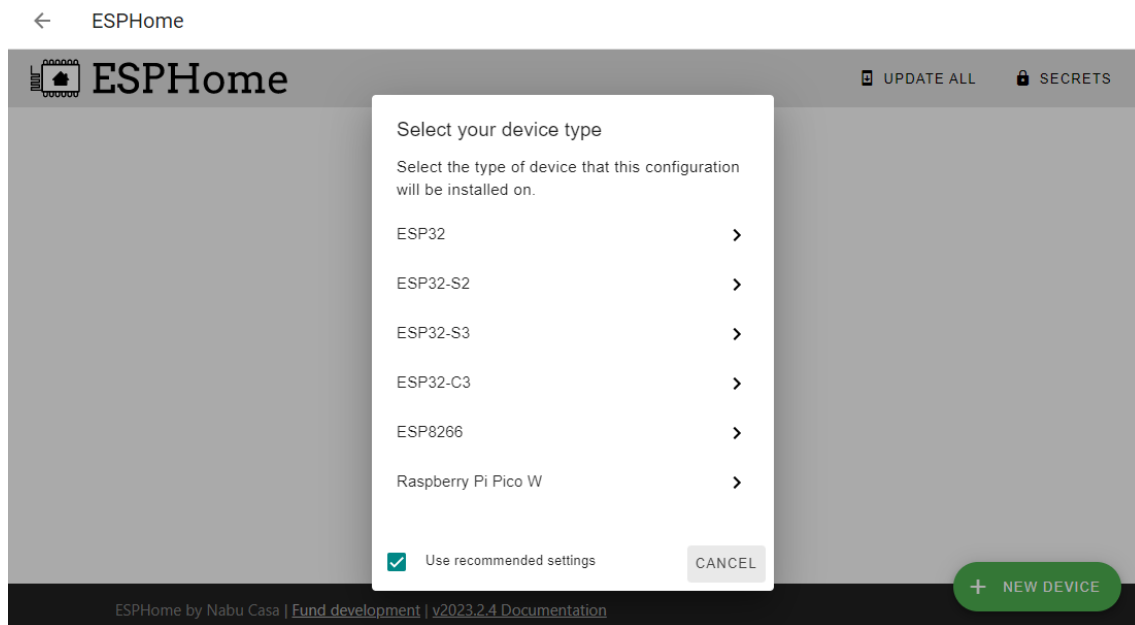


Figura Annex B.55: Selecció del tipus de dispositiu (ESP32)

Clicar Install.

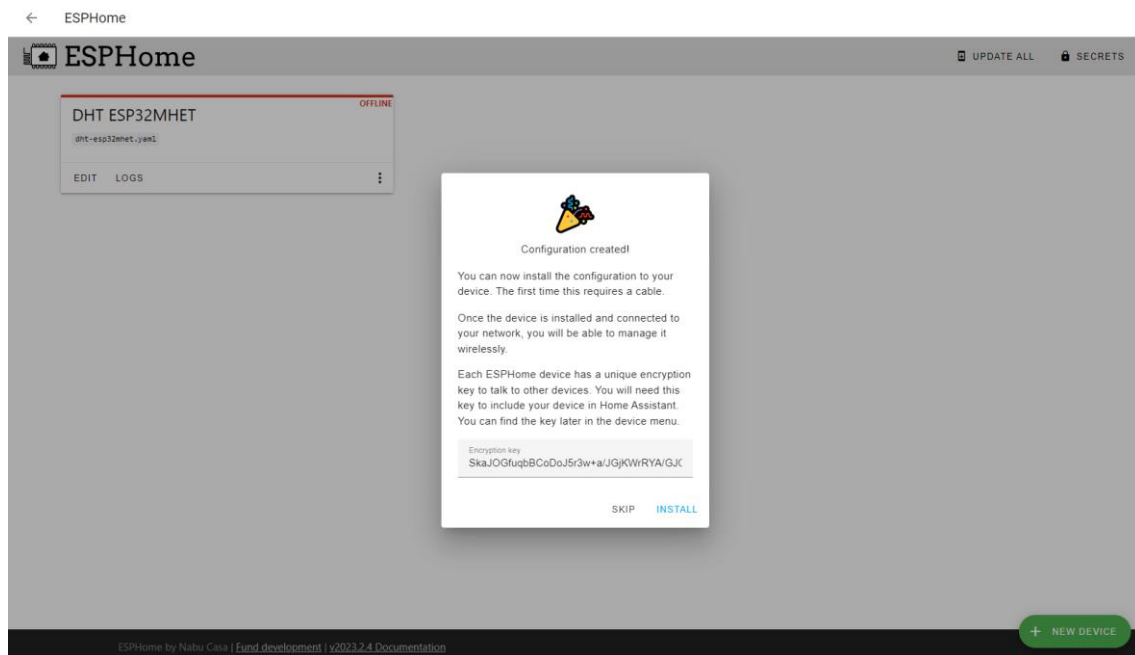


Figura Annex B.56: Procediment d'instal·lació del dispositiu

En aquest cas, degut que s'està utilitzant ESPHome dintre de la plataforma de Home Assistant, la instal·lació s'ha de realitzar mitjançant "Manual download".

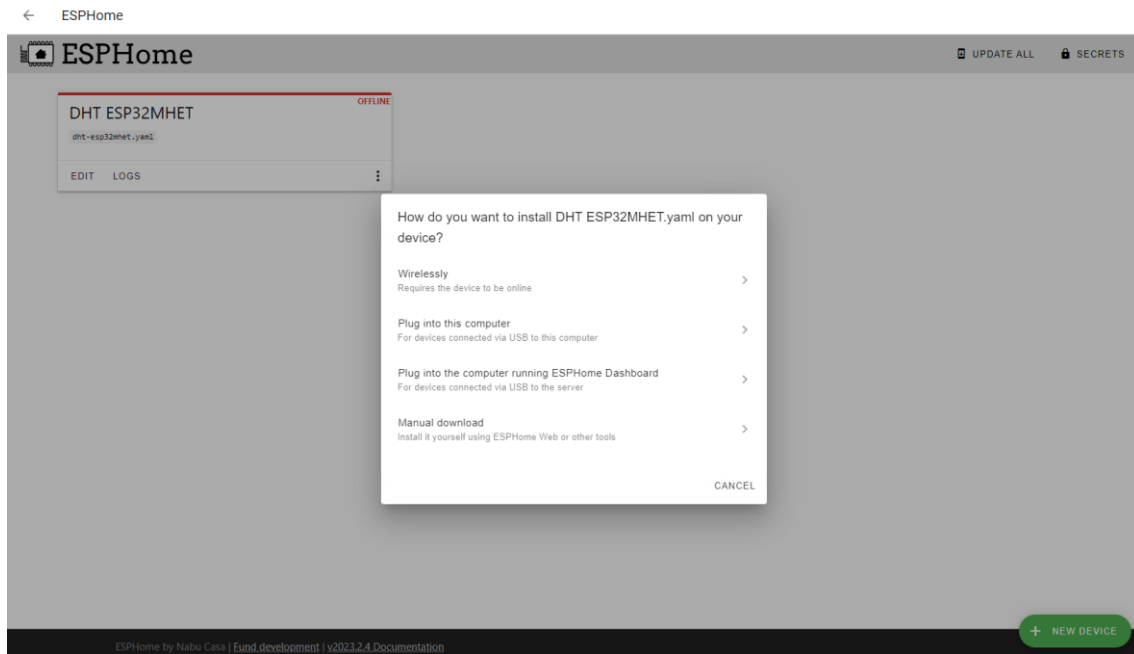


Figura Annex B.57: Instal·lació mitjançant "Manual download"

S'ha d'utilitzar la versió Legacy format, degut que s'instal·larà per mitjà de Flasher.

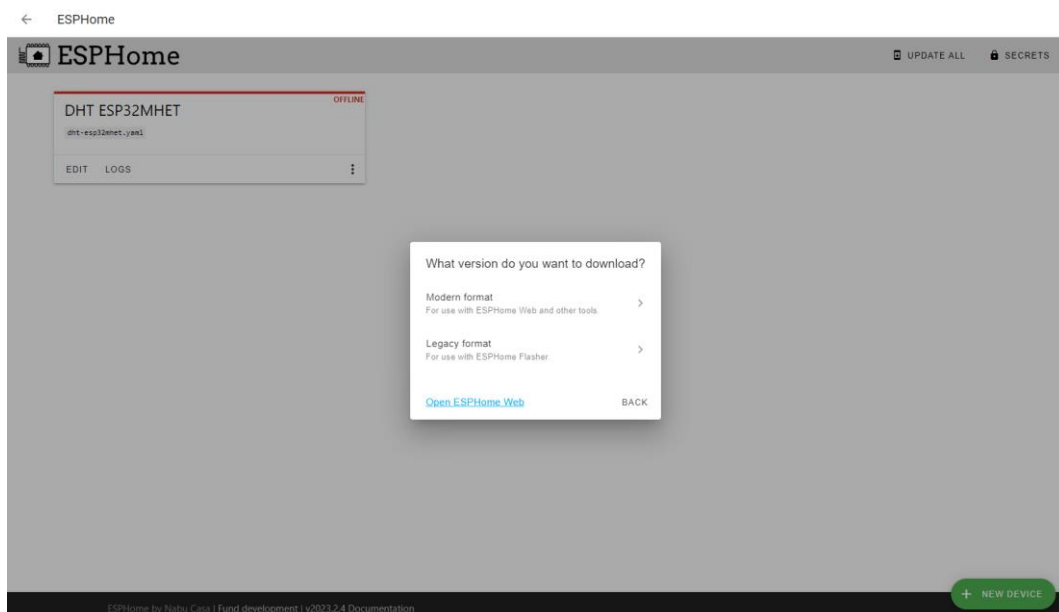


Figura Annex B.58: Instal·lació mitjançant "Legacy format"

Es descarrega automàticament. En cas contrari, en finalitzar, clicar Download.

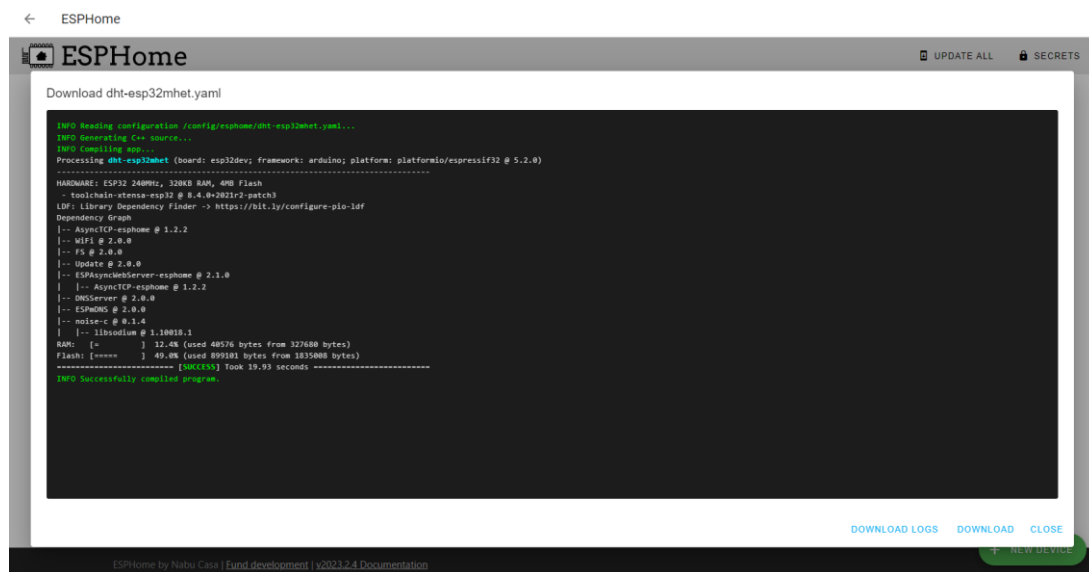


Figura Annex B.59: Creació de l'arxiu d'instal·lació i descàrrega

Ara ja es disposa de l'arxiu amb el programa en format .bin a instal·lar a l'ESP32³¹. Per instal·lar-lo, es pot fer servir l'eina ESP Flasher³². Amb aquesta eina, clicar Browse, seleccionar la ubicació de l'arxiu, i Flash ESP.

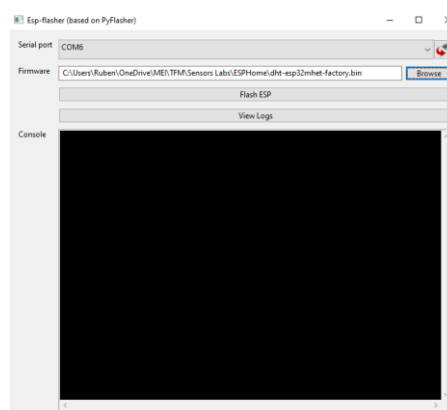


Figura Annex B.60: Eina ESP Flasher per a la instal·lació de l'arxiu del firmware

³¹ Podrien ser requerits els drivers relatius a l'ESP32. Es pot consultar el següent enllaç per descarregar-los i instal·lar-los: <https://www.silabs.com/developers/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers?tab=downloads>

³² ESP Flasher es pot trobar disponible a l'enllaç següent: https://github.com/Jason2866/ESP_Flasher/releases/tag/v.1.3

Un cop finalitza la instal·lació, es pot comprovar que ja és detectat amb el complement ESPHome de Home Assistant, on es pot llegir ONLINE.

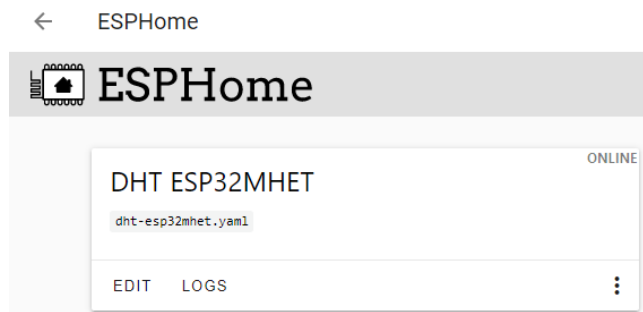


Figura Annex B.61: Dispositiu ESPHome instal·lat

- 3- Un cop instal·lat el firmware del microcontrolador, es pot configurar el dispositiu per a la funció a realitzar:

Si es clica a EDIT es pot accedir al fitxer YAML de configuració del dispositiu:

```
1 esphome:
2   name: dht-esp32mhet
3   friendly_name: DHT ESP32MHET
4
5 esp32:
6   board: esp32dev
7   framework:
8     type: arduino
9
10 # Enable logging
11 logger:
12
13 # Enable Home Assistant API
14 api:
15   encryption:
16     key: "Ska30Gfuqb8CoDo35r3uwa/3GjKwRYA/G3QRE3Q6pY="
17
18 ota:
19   password: "49c18a2682dea9efb323c68658713991"
20
21 wifi:
22   ssid: !secret wifi_ssid
23   password: !secret wifi_password
24
25 # Enable fallback hotspot (captive portal) in case wifi connection fails
26 ap:
27   ssid: "Dht-Esp32Mhet Fallback Hotspot"
28   password: "tXqV9KLDsxI"
29
30 captive_portal:
31
```

Figura Annex B.62: Edició de l'arxiu de configuració en codi YAML

Com a exemple de configuració, s'ha configurat un sensor DHT³³ com en l'exemple de l'apartat de l'annex B.3.2 Entitats sota protocol MQTT. En aquest cas, es poden configurar diverses variables.

Configuration variables:

- **pin (Required, Pin)**: The pin where the DHT bus is connected.
- **temperature (Required)**: The information for the temperature sensor.
 - **name (Required, string)**: The name for the temperature sensor.
 - **id (Optional, ID)**: Set the ID of this sensor for use in lambdas.
 - All other options from [Sensor](#).
- **humidity (Required)**: The information for the humidity sensor.
 - **name (Required, string)**: The name for the humidity sensor.
 - **id (Optional, ID)**: Set the ID of this sensor for use in lambdas.
 - All other options from [Sensor](#).
- **model (Optional, int)**: Manually specify the DHT model, can be one of AUTO_DETECT, DHT11, DHT22, DHT22_TYPE2, AM2302, RHT03, SI7021 and helps with some connection issues. Defaults to AUTO_DETECT. Auto detection doesn't work for the SI7021 chip.
- **update_interval (Optional, Time)**: The interval to check the sensor. Defaults to 60s.

Figura Annex B.63: Variables configurables del dispositiu DHT a ESPHome

Per al cas d'exemple, es pot configurar el dispositiu segons el següent codi:

```
sensor :
- platform: dht
  pin: 26
  temperature:
    name: "DHT ESP32MHET Temperature"
  humidity:
    name: "DHT ESP32MHET Humidity"
  update_interval: 300s
```

Clicar INSTALL a la cantonada superior dreta (com s'observa, es guarda l'arxiu i apareix la interface de instal·lació. Degut que el dispositiu ja es troba configurat amb ESPHome, pot ésser actualitzat remotament - Opció Wirelessly).

³³ Guia de programació: <https://esphome.io/components/sensor/dht.html>

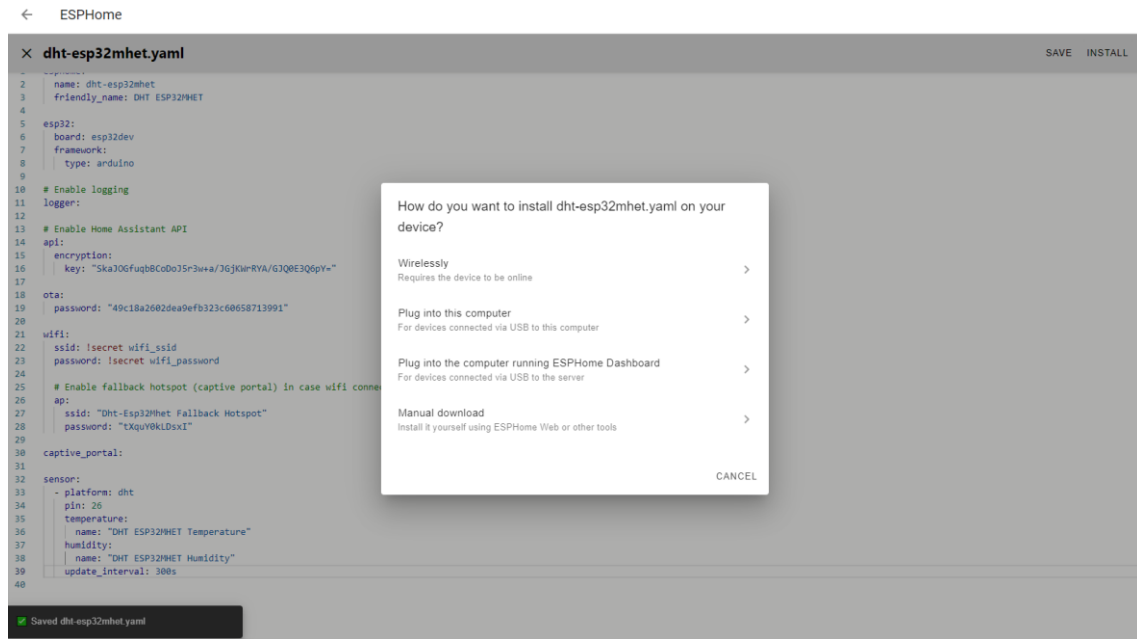


Figura Annex B.64: Actualització via OTA

Apareix la pantalla d'instal·lació via OTA fins finalitza la instal·lació.

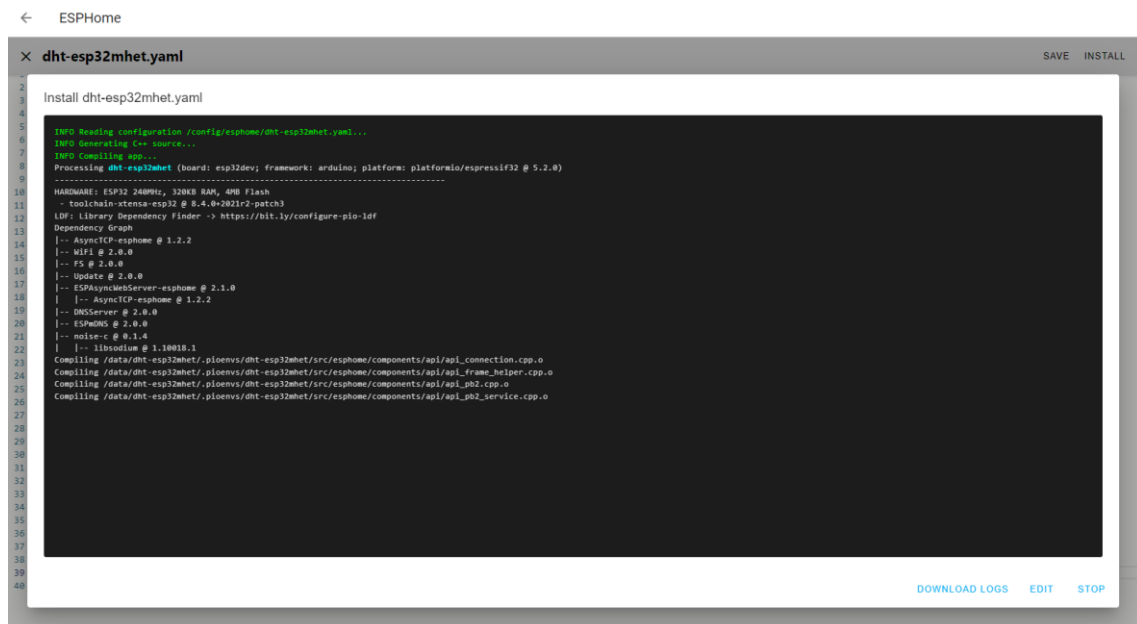


Figura Annex B.65: Procés d'actualització via OTA

Tornant a la interfície de Home Assistant, a les notifikacions ja hauria d'haver estat descobert el dispositiu.

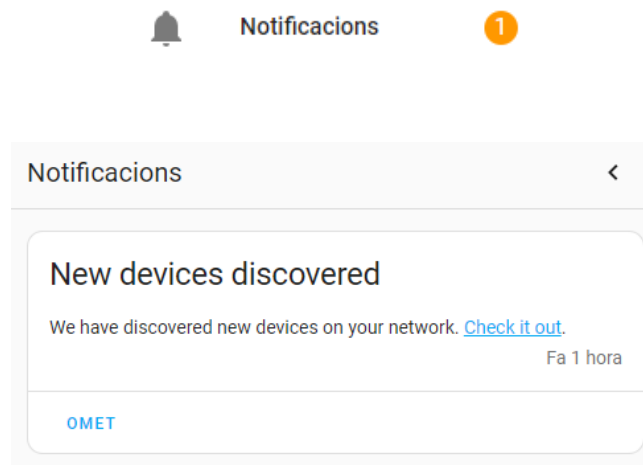


Figura Annex B.66: Notificació a Home Assistant conforme un nou dispositiu ha estat detectat

Clicant a Check it out, o anant a Dispositius i Serveis (veure l'apartat de l'annex B.2.5 Configuració), el dispositiu hauria d'aparèixer preparat per ésser configurat, ressaltat en blau a la primera casella.

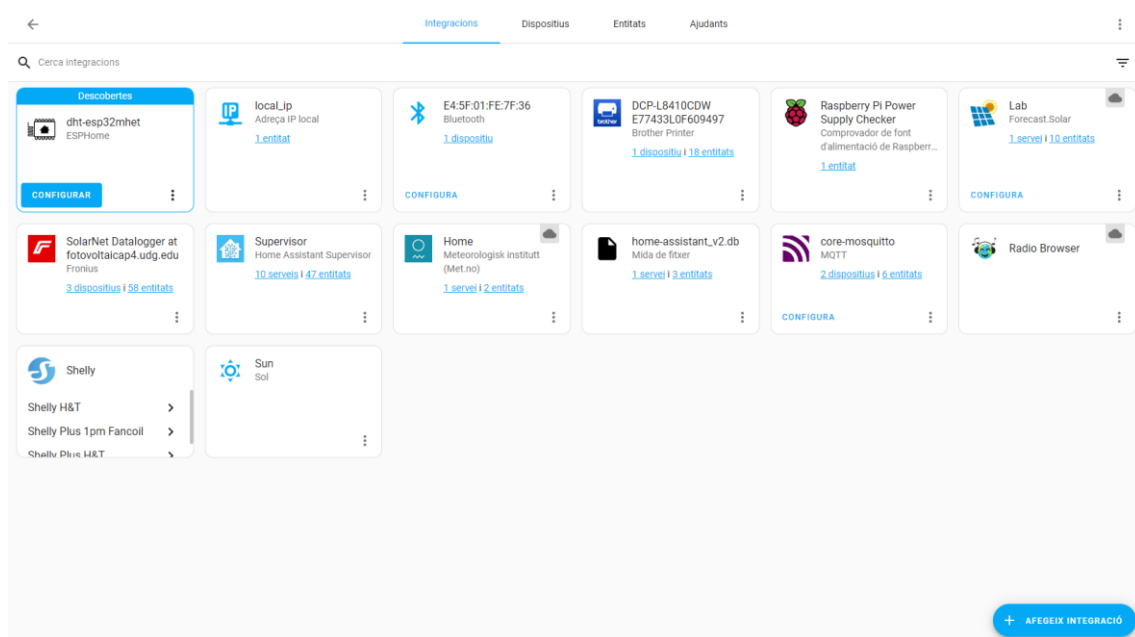


Figura Annex B.67: Menú de Dispositius i Serveis, amb un nou dispositiu ESPHome detectat



Figura Annex B.68: Procediment d'integració del nou dispositiu detectat

Clicant a CONFIGURAR i a continuació a ENVIA. L'assistent d'instal·lació demanarà la clau de xifrat generada per al dispositiu durant la instal·lació prèvia. En cas de no haver-la guardat prèviament, es pot consultar al complement ESPHome, al menú del propi dispositiu.

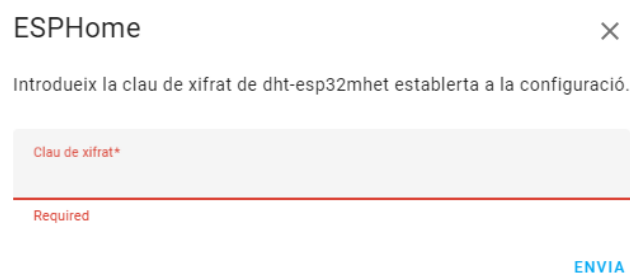


Figura Annex B.69: Introducció de la clau de xifrat del dispositiu

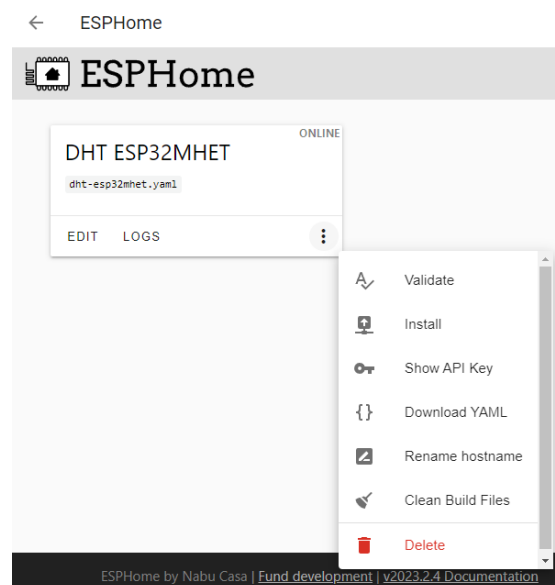


Figura Annex B.70: Consulta dintre d'ESPHome de la clau de xifrat

Un cop finalitzat el procés, es el dispositiu apareixerà amb les seves respectives entitats i configuracions programades.

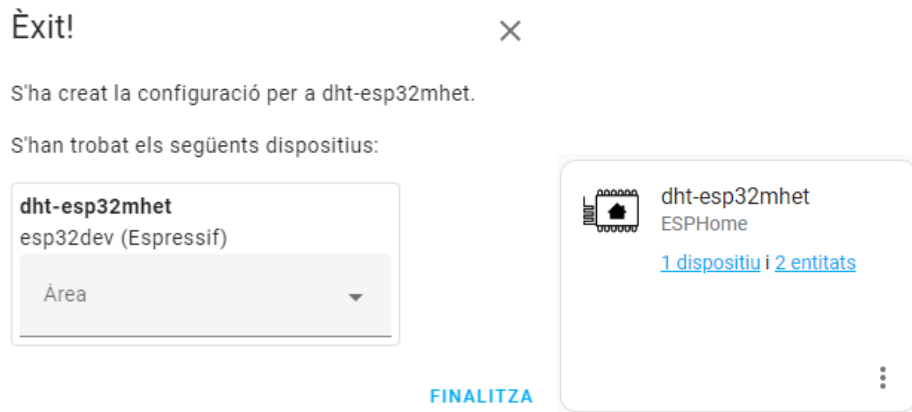


Figura Annex B.71: Dispositiu instal·lat

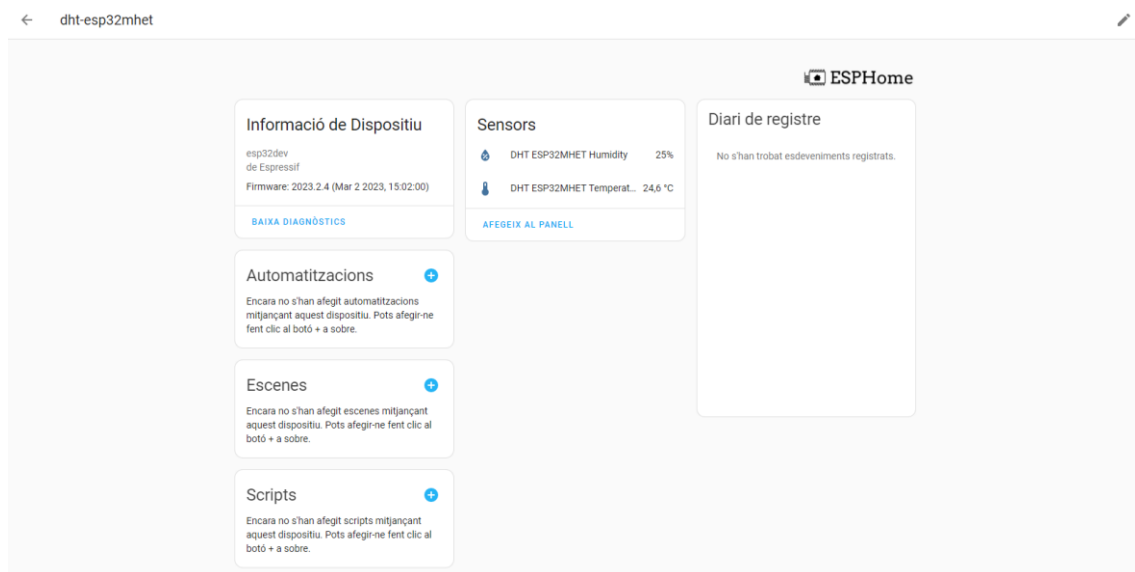


Figura Annex B.72: Menú d'informació del dispositiu

Mitjançant aquest sistema, s'han integrat també una pinça amperomètrica CT Clamp³⁴ de mesura del consum de la bomba de geotèrmia. En aquest cas, degut que la línia mesurada inclou el consum del fancoil, s'implementa un filtre per restar-ne el seu consum quan aquest està en funcionament.

³⁴ Guia de programació: https://esphome.io/components/sensor/ct_clamp.html

```

32 # Pinça amperomètrica de mesura del consum de la Bomba de la Geotèrmia
33 sensor:
34   - platform: homeassistant
35     id: power_fancoil
36     entity_id: sensor.shelly_plus_1pm_fancoil_switch_0_power
37
38   - platform: ct_clamp
39     sensor: adc_sensor
40     name: "Potència Bomba Geotèrmia"
41     update_interval: 60s
42     filters:
43       - lambda: |-
44         if (x < 0.040) {return x * 0.0;} else {return x * 230.0 * 30.0 - id(power_fancoil).state;}
45     # Conversió 30A/1Vrms, considerant voltatge constant igual a 230V i restant el consum del fancoil
46     unit_of_measurement: "W"
47
48 # ADC sensor
49 - platform: adc
50   pin: 39
51   id: adc_sensor
52   attenuation: 11db

```

Figura Annex B.73: Programació del dispositiu ESP32 amb un sensor CT Clamp

Finalment, també s'ha implementat amb ESPHome una placa de 8 relés³⁵ basada en microcontrolador ESP32 per al control de la obertura de les finestres del laboratori.

```

32 switch:
33   - platform: gpio
34     pin: GPIO33
35     name: Relay1
36     id: relay1
37   - platform: gpio
38     pin: GPIO32
39     name: Relay2
40     id: relay2
41   - platform: gpio
42     pin: GPIO13
43     name: Relay3
44     id: relay3
45   - platform: gpio
46     pin: GPIO12
47     name: Relay4
48     id: relay4
49   - platform: gpio
50     pin: GPIO21
51     name: Relay5
52     id: relay5
53   - platform: gpio
54     pin: GPIO19
55     name: Relay6
56     id: relay6
57   - platform: gpio
58     pin: GPIO18
59     name: Relay7
60     id: relay7
61   - platform: gpio
62     pin: GPIO05
63     name: Relay8
64     id: relay8

```

Figura Annex B.74: Codi de programació de la placa de relés

³⁵ Guia de programació: <https://devices.esphome.io/devices/ESP32E-Relay-X8>

Per a l'elaboració d'aquest apartat, s'ha consultat el següent enllaç d'interès:

<https://programarfacil.com/domotica/esphome/>

B.3.4. Declaracions a configuration.yaml

Finalment, es poden realitzar declaracions de noves variables dins de l'arxiu configuration.yaml. Per tal d'accedir a l'arxiu, es recomana utilitzar el complement Studio Code Server (veure l'apartat de l'annex B.4 Complementos). Per tant, el primer que caldrà serà obrir Studio Code Server i obrir configuration.yaml.

A tall d'exemple, es mostren dues configuracions diferents: sensor que mesura paràmetres interns de la RPi (mida d'un fitxer i temperatura de la CPU).

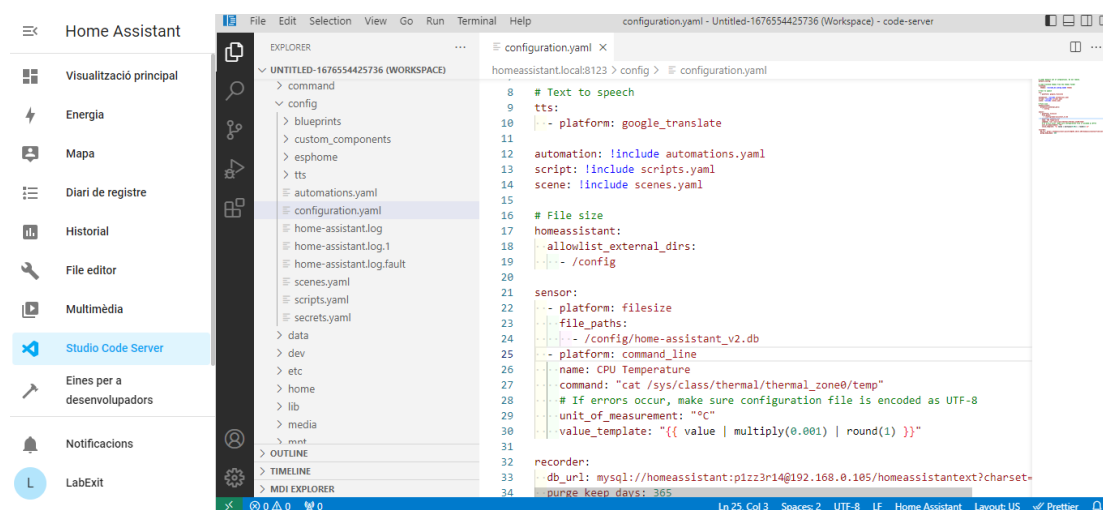


Figura Annex B.75: Complement Studio Code Server amb l'arxiu configuration.yaml obert

Afegir a l'arxiu configuration.yaml:

sensor:

- platform: filesize
- file_paths:
 - /config/home-assistant_v2.db
- platform: command_line
- name: CPU Temperature
- command: "cat /sys/class/thermal/thermal_zone0/temp"
- unit_of_measurement: "°C"
- value_template: "{{ value | multiply(0.001) | round(1) }}"

Verificar que Home Assistant és iniciable a Eines per a desenvolupadors, i reiniciar el sistema.

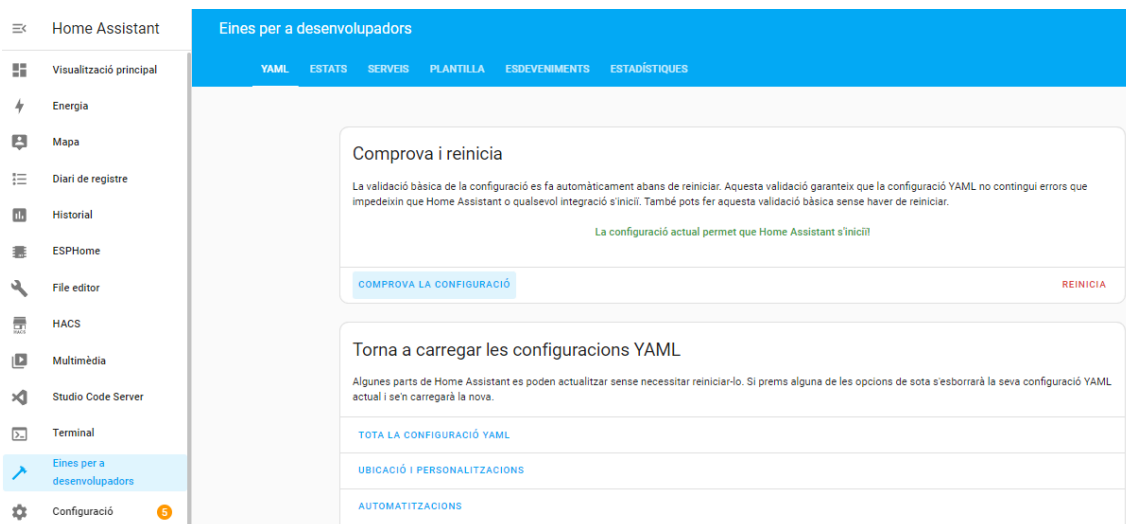


Figura Annex B.76: Panell d'Eines per a desenvolupadors on es pot comprovar la configuració

En aquest cas, la temperatura de la CPU (CPU Temperature) ja està creada com a entitat: `sensor.cpu_temperature` i es pot visualitzar al menú Estats (veure l'apartat de l'annex B.2.4 Eines per a desenvolupadors). D'altra banda, en relació a la mida del fitxer, cal instal·lar una integració. Anar a Configuració / Dispositius i Serveis / Afegeix integració, i buscar "mida de fitxer". Seleccionar la integració corresponent, i a continuació, afegir la ruta del fitxer conforme s'ha definit al codi yaml.

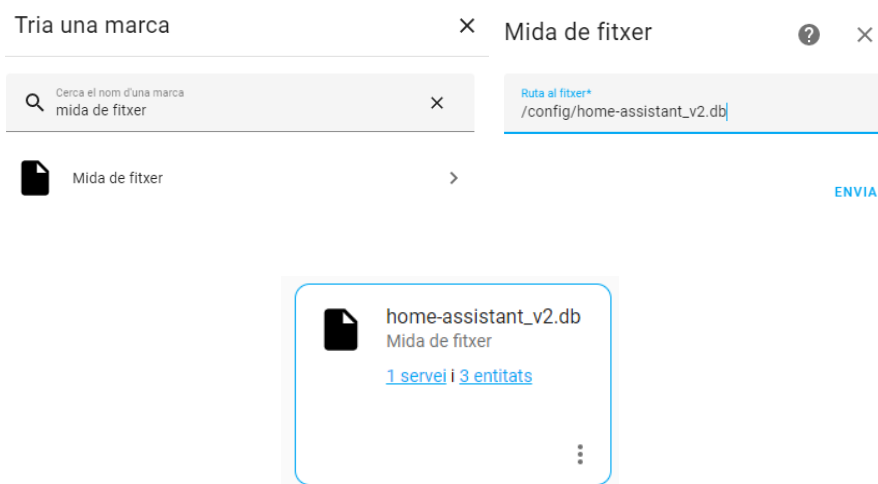


Figura Annex B.77: Nou sensor creat al menú de Dispositius i Serveis

Finalment, es poden afegir al Lovelace mitjançant una targeta corresponent (veure l'apartat B.7 Configuració de Lovelace).

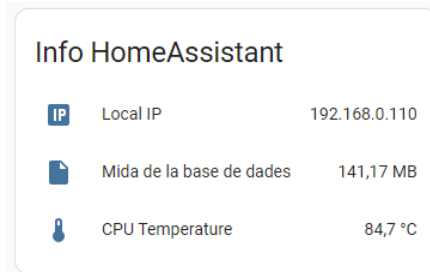


Figura Annex B.78: Targeta del sensor creat visualitzat al Lovelace

Per aprofundir en la programació dintre de Home Assistant, es recomana visitar el web de Developer Docs³⁶ oficial.

B.4. Complements

Tal com s'ha esmentat a l'apartat B.2.5 Configuració, els complements són aplicacions instal·lables a Home Assistant que permeten afegir funcionalitats al sistema. Per accedir-hi, cal anar al menú Configuració / Complements.

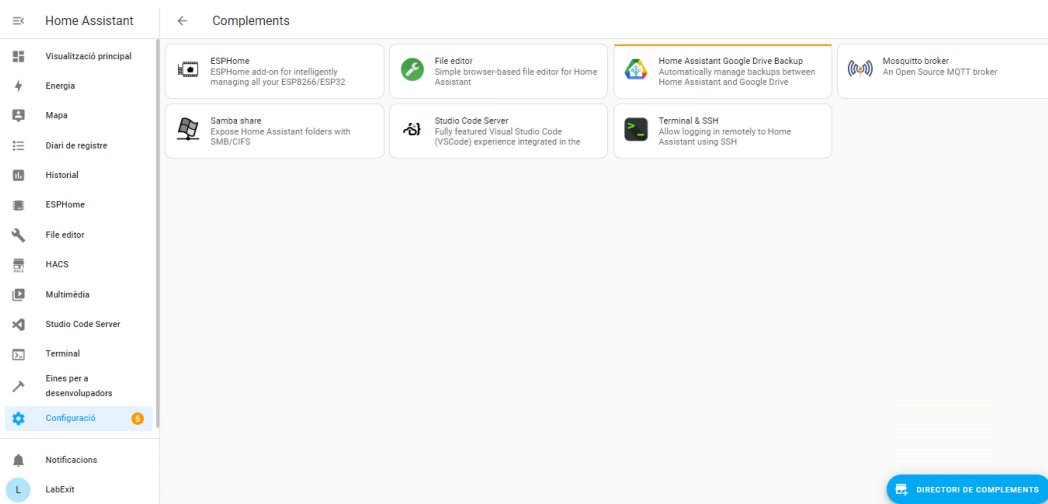


Figura Annex B.79: Menú de Complements, des del menú de Configuració

³⁶ <https://developers.home-assistant.io/>

Es disposa d'un directori de complements instal·lables. Tan sols cal clicar sobre ells i instal·lar, fent clic en el botó corresponent.

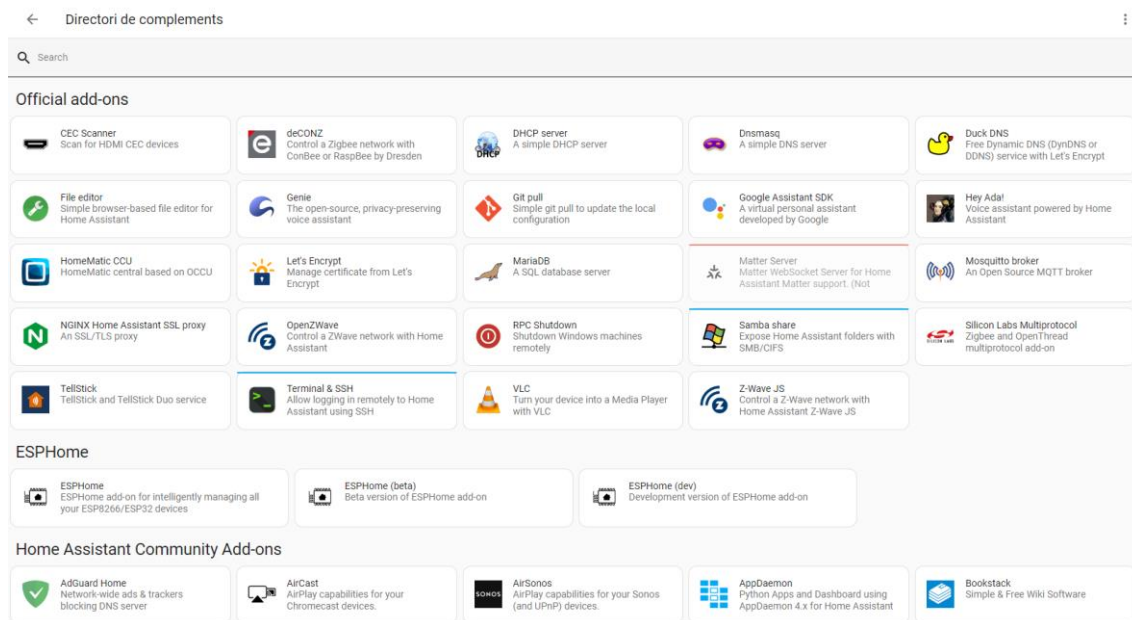


Figura Annex B.80: Directori de complements

En el cas del sistema de l'eXiT, en la data de redacció d'aquest document s'han instal·lat els complements següents:

- ESPHome: permet integrar, instal·lar i configurar dispositius basats en microcontroladors ESP32.
- File editor: permet editar fitxers.
- Home Assistant Google Drive Backup: complement que permet automatitzar la creació de còpies de seguretat, pujant-les automàticament a un compte de Google Drive.
- Mosquitto broker: permet utilitzar Home Assistant com a broker (servidor) de MQTT.
- Samba share: exposa les carpetes de Home Assistant de manera que siguin accessibles externament.
- Studio Code Server: editor de codi.
- Terminal & SSH: complement que permet connectar-se remotament a Home Assistant mitjançant el protocol SSH.

A més, els complementos, des de la finestra d'informació d'aquest, es poden afegir a la barra lateral d'accés ràpid de Home Assistant per facilitar-ne l'ús.

B.5. Base de dades externa

S'ha decidit externalitzar la base de dades de la RPi per diferents motius:

- Capacitat i gestió de la memòria
- Accessibilitat i manteniment de la base de dades

En aquest cas, s'ha disposat d'un ordinador del laboratori com a servidor remot per a la base de dades de Home Assistant. S'ha realitzat mitjançant el programari XAMPP. Per a aquesta finalitat, és important fixar la IP de l'ordinador. Un cop instal·lat XAMPP, també és important configurar l'inici de sessió i del programari automàtics, en cas que l'ordinador es reiniciï per motius aliens.

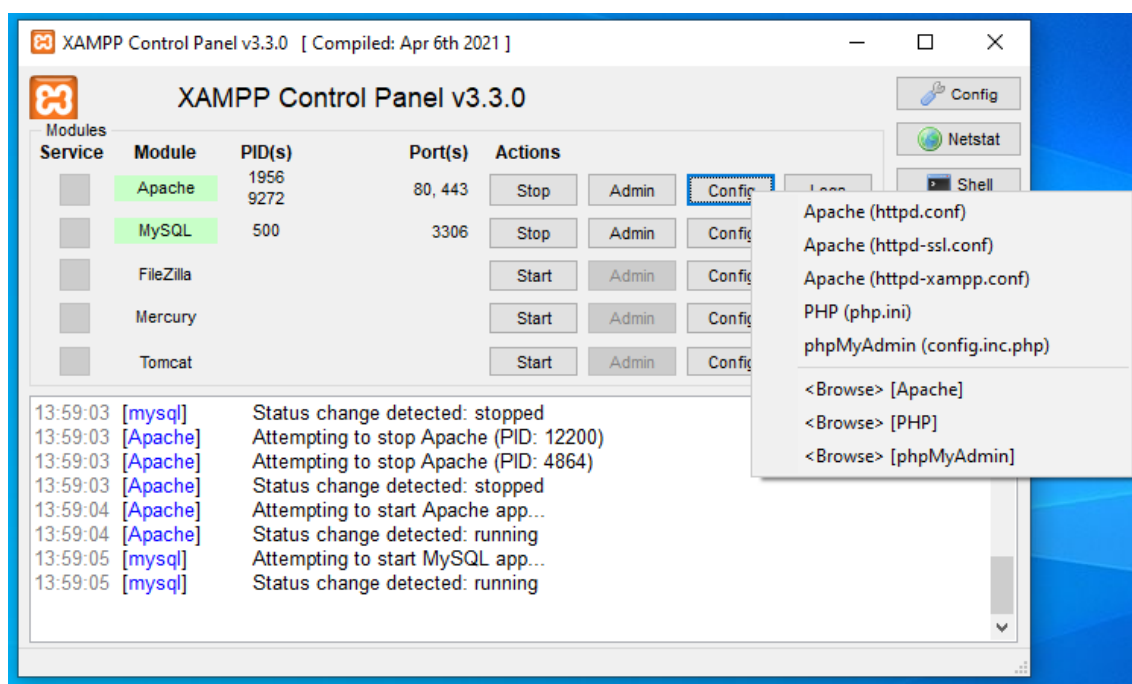


Figura Annex B.81: Programa XAMPP executat en un ordinador amb sistema operatiu Windows

Primer cal realitzar la configuració externa de ports a Apache / Config / "Apache (httpd.conf)". Buscar i modificar la línia #Listen 12.34.56.78:80 per #Listen 192.168.0.105:80.

Posteriorment, a "Apache (httpd-xampp.conf)", cercar el següent fragment de codi i substituir "Require local" per "Require all granted":

```
Alias /phpmyadmin "C:/xampp/phpMyAdmin/"
```

```
<Directory "C:/xampp/phpMyAdmin">
```

```
AllowOverride AuthConfig
```

```
Require local
```

```
Require all granted
```

A continuació, obrir port 80 al firewall de Windows.

El següent pas és la Crear base de dades. Clicar a MySQL / Admin. S'obrirà la interfície de phpMyAdmin. Crear una base de dades.

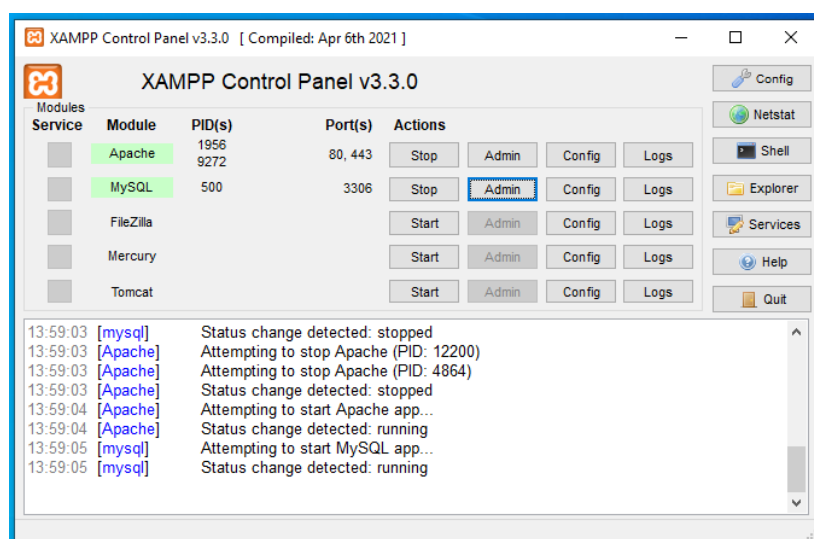


Figura Annex B.82: Clicar al botó marcat Admin, de MySQL

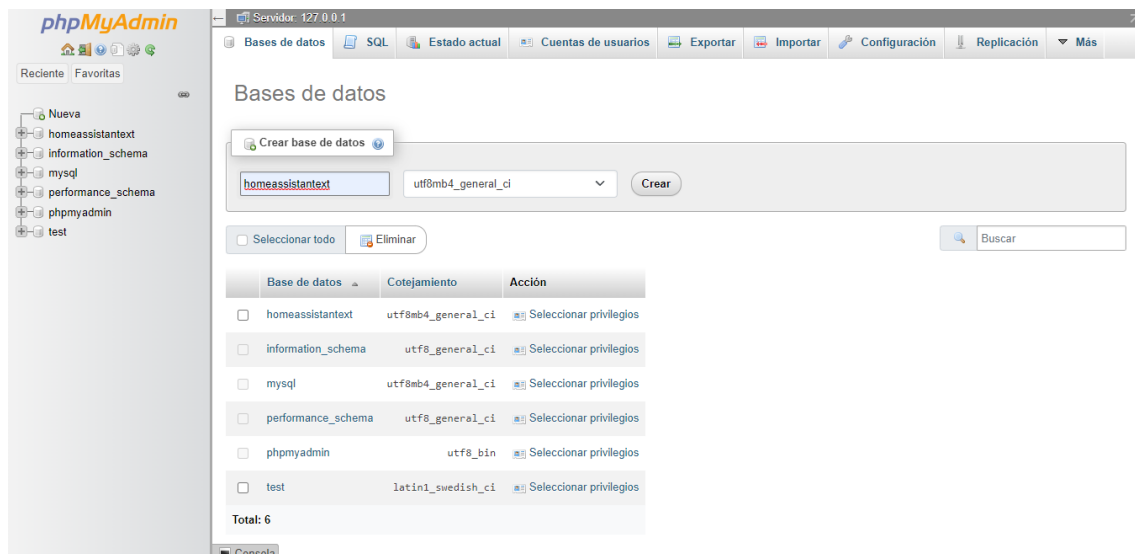


Figura Annex B.83: Menú principal de phpMyAdmin

Finalment, a Home Assistant, a l'arxiu configuration.yaml (veure l'apartat de l'annex B.3.4 Declaracions a configuration.yaml), afegir les línies corresponents a la direcció IP i les credencials d'accés a la base de dades, així com un període de temps de purga de les dades.

```

44 recorder:
45   <code>-db_url: mysql://homeassistant:p1zz3r14@192.168.0.105/homeassistanttext?charset=utf8mb4
46   <code>-purge_keep_days: 365
  
```

Figura Annex B.84: Codi de configuració a l'arxiu configuration.yaml de Home Assistant

Comprovar que la nova configuració permet iniciar el sistema a Eines per a desenvolupadors (veure l'apartat de l'annex B.2.4 Eines per a desenvolupadors) i reiniciar Home Assistant.

Un cop el sistema s'ha reiniciat i utilitza la base de dades externa és senzill obtenir-ne i extreure'n dades. Cal obrir el panell d'administrador phpMyAdmin, obrir la base de dades de Home Assistant, i consultar primerament a la taula "states_meta" la correspondència entre l'entity_id de Home Assistant i la metadata_id de la base de dades de l'entitat de la qual es volen extreure'n dades. Es pot utilitzar el cercador de la plataforma.

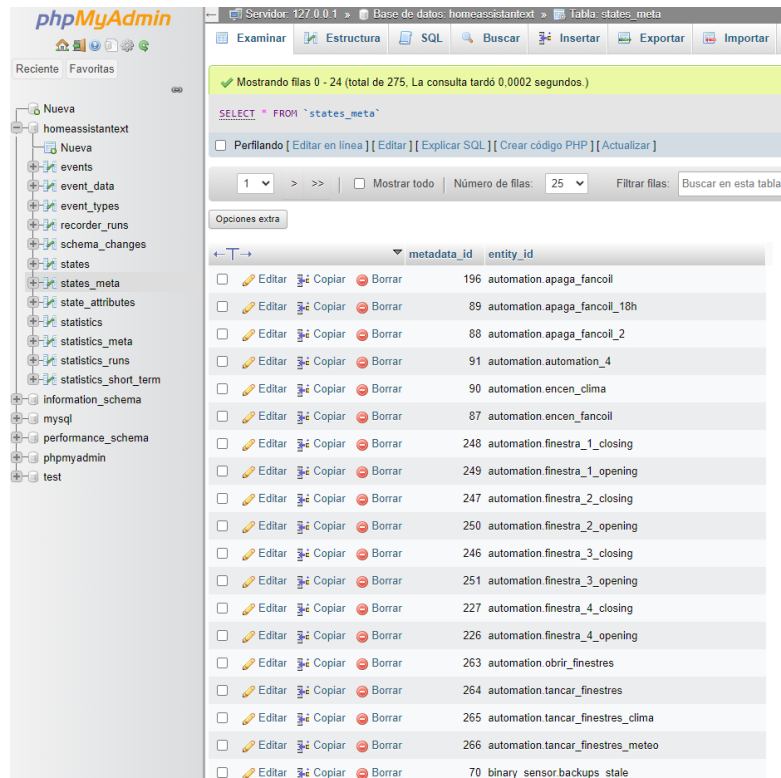


Figura Annex B.85: Consulta de la variable corresponent a l'entitat, a "states_meta"

Un cop identificada, cercar la metadata_id a la taula "states" i s'obtidran totes les dades emmagatzemades de l'entitat.

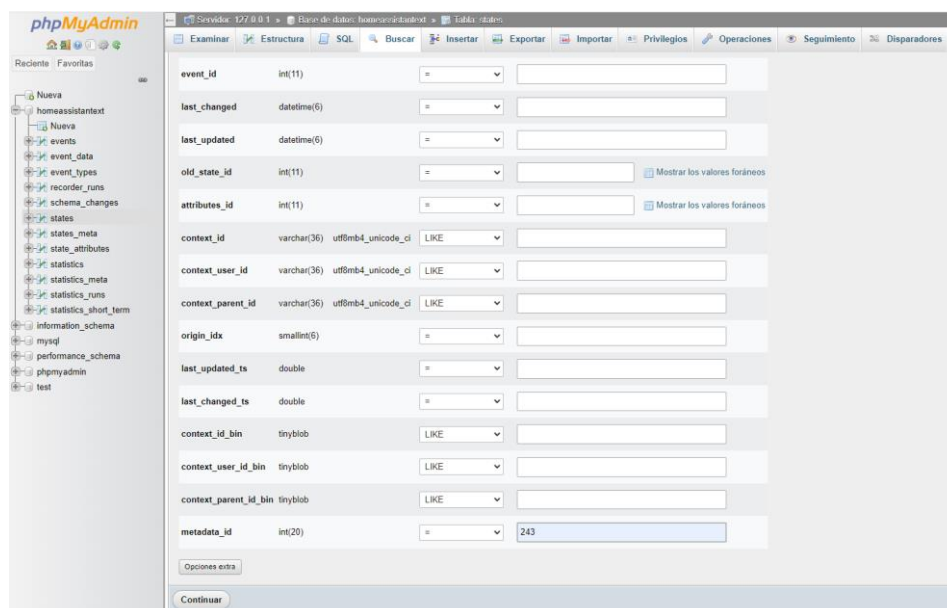


Figura Annex B.86: Cerca de l'historial d'una variable a states

Finalment, es pot clicar la opció d'exportar, i obtenir un arxiu amb totes les dades extretes i obtingues de la base de dades de Home Assistant. Es recomana seleccionar el format d'arxiu CSV. Tenir en compte que el format de la data és unixepoch.

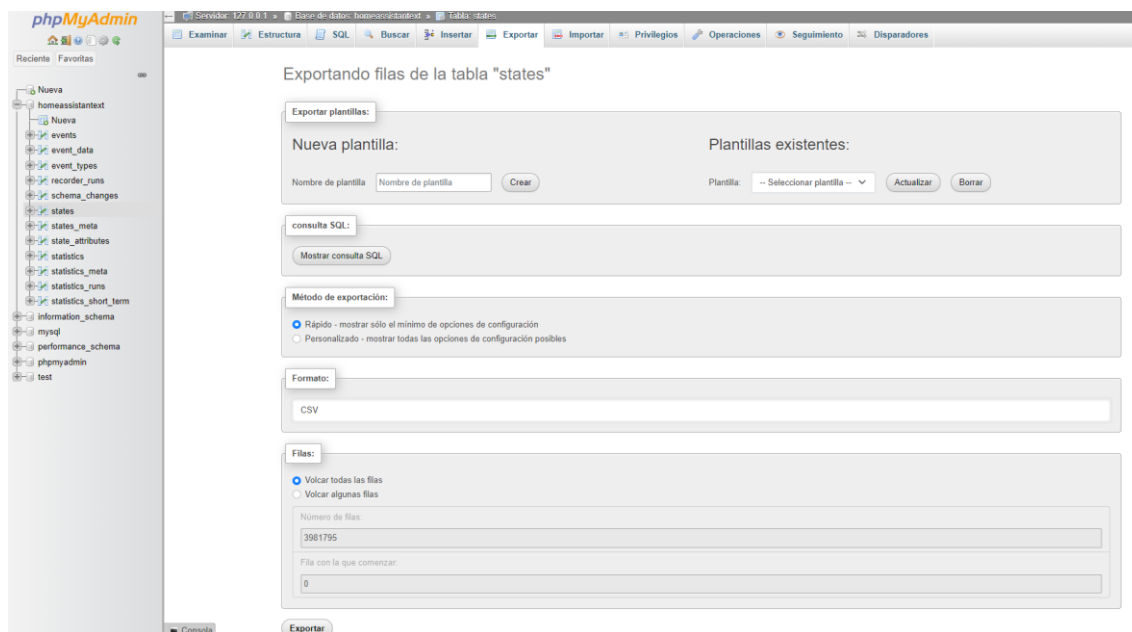


Figura Annex B.87: Exportació de les dades des de phpMyAdmin a format CSV

B.6. HACS

HACS³⁷ són les sigles de Home Assistant Community Store; és una comunitat d'usuaris on es comparteixen integracions, plugin i altres eines desenvolupades. Dintre d'aquesta comunitat es poden trobar eines més enllà de les oficials, de manera que poden resultar útils. HACS s'instal·la de manera manual, i queda integrat a Home Assistant com una espècie de complement on es pot trobar un mercat alternatiu, des d'on es poden instal·lar més integracions.

S'instal·la HACS atenent als prerequisits³⁸ i les indicacions d'instal·lació³⁹ descrites al web. En el cas d'instal·lació sobre la modalitat OS de Home Assistant, el procediment és:

³⁷ Portal web: <https://hacs.xyz>

³⁸ Prerequisits de HACS: <https://hacs.xyz/docs/setup/prerequisites>

³⁹ Guia d'instal·lació: <https://hacs.xyz/docs/setup/download>

- Instal·lar un complement (veure l'apartat de l'annex B.4 Complementos) que permeti accedir per SSH (per exemple, Terminal).
- Obrir Terminal i fer córrer l'script de HACS seguint les comandes:
 - o `cd /config`
 - o `wget -O - https://get.hacs.xyz | bash -`
- Un cop finalitzat, reiniciar el sistema.

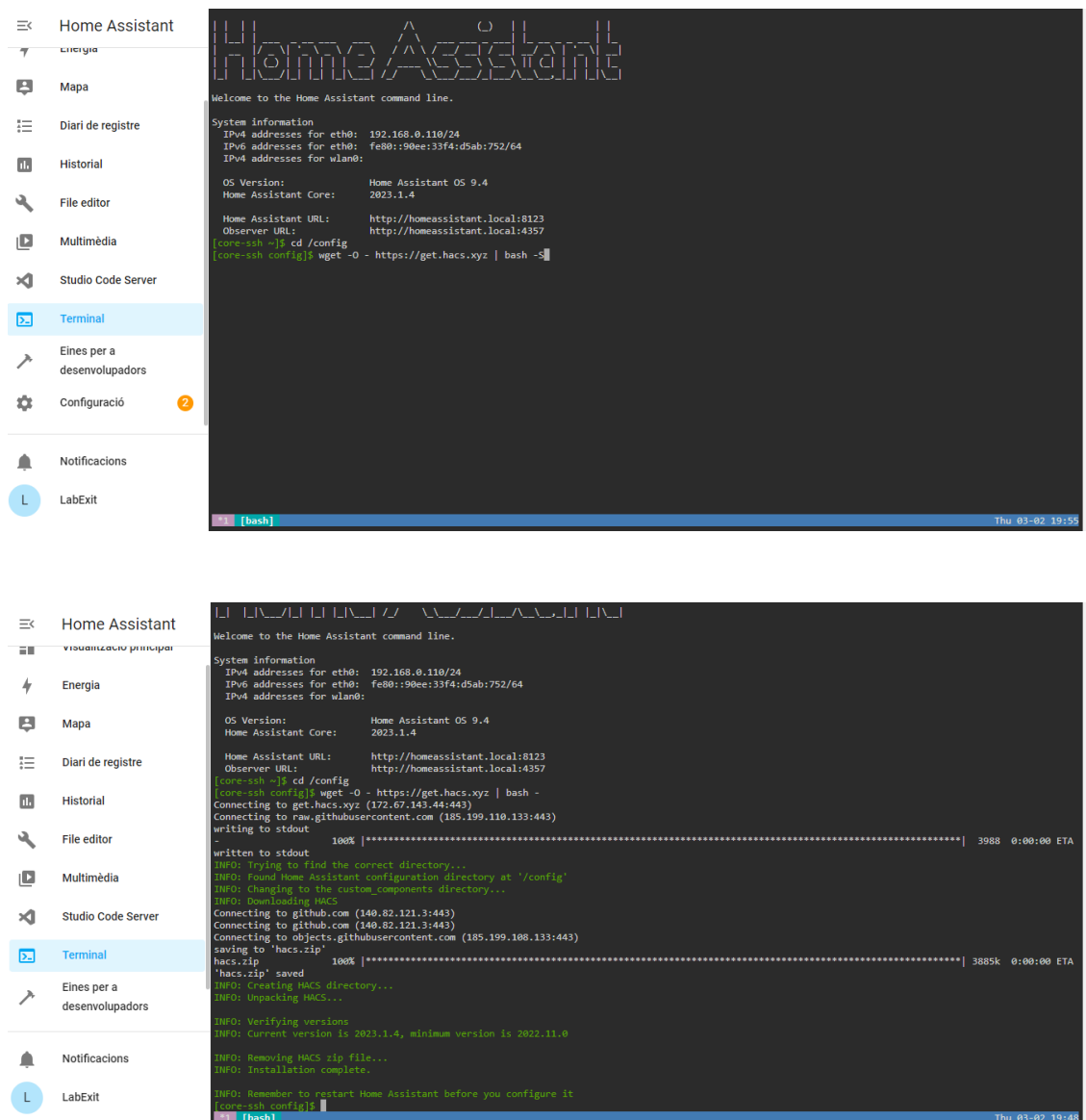


Figura Annex B.88: Captures de pantalla del procés d'instal·lació de HACS a Home Assistant

A continuació cal realitzar una configuració inicial⁴⁰:

- Anar a Configuració / Dispositius i serveis / Integracions / Afegeix integració (veure l'apartat de l'annex B.3.1 Integracions de Home Assistant) i buscar "HACS".

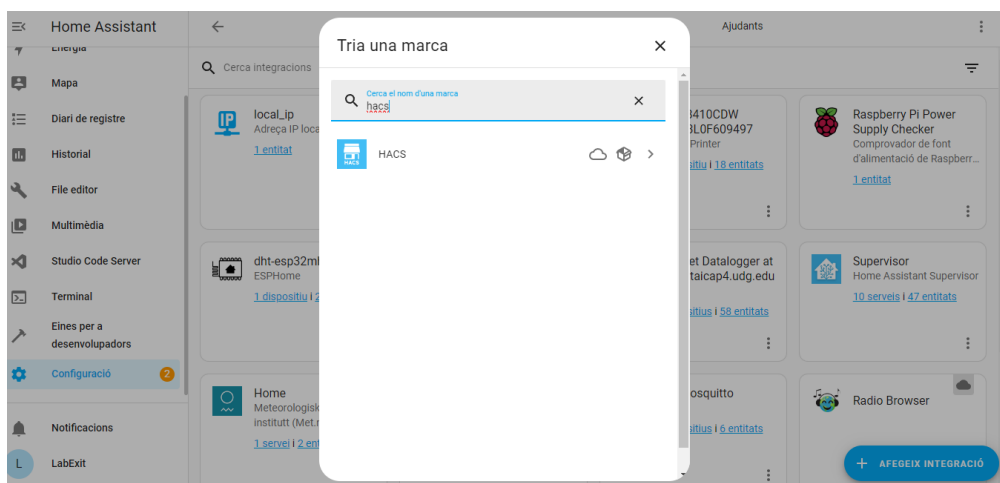


Figura Annex B.89: Cerca de HACS al menú Dispositius i Serveis

En instal·lar la integració, apareix un assistent d'instal·lació. La primera finestra demana acceptar condicions d'ús. Cap d'elles és opcional, s'han de marcar totes les caselles i clicar Enviar.

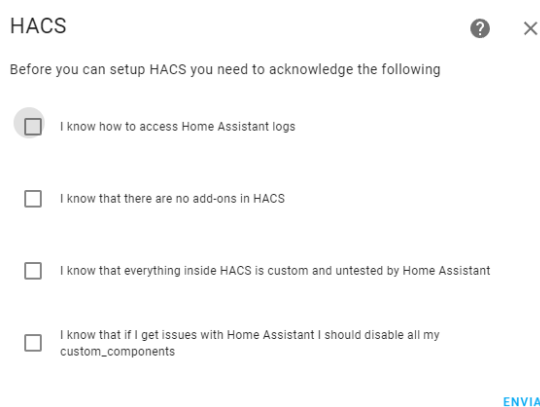


Figura Annex B.90: Cal confirmar totes les caselles

⁴⁰ Guia de configuració: <https://hacs.xyz/docs/configuration/basic>

A continuació, demana realitzar una activació del dispositiu a Github mitjançant un usuari i un codi únic. En aquest cas, es faciliten les credencials de l'usuari a l'eXIT per protocols de protecció de dades i confidencialitat.

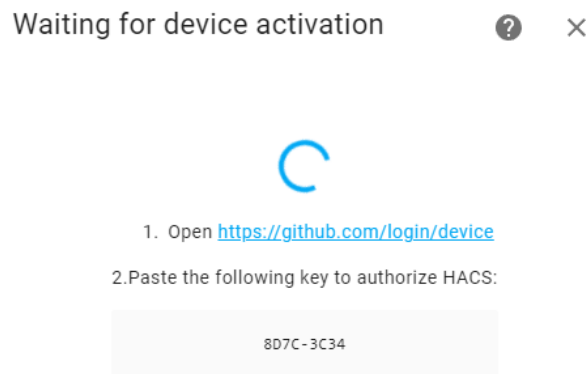


Figura Annex B.91: Procés d'activació a Github

Un cop realitzats tots els registres, la instal·lació resta completada. Apareixerà a més un accés directe a la barra lateral.

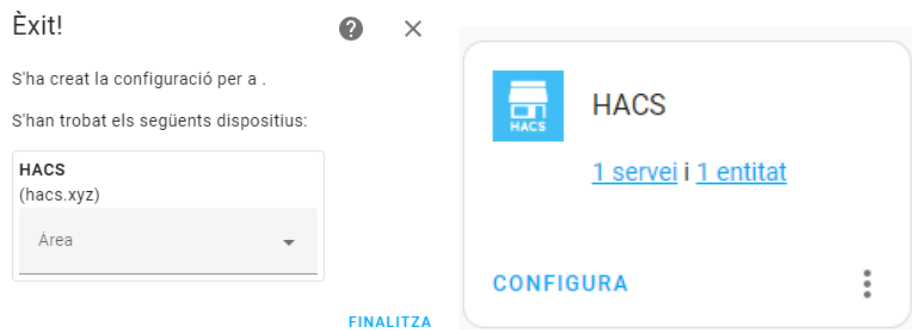


Figura Annex B.92: HACS instal·lat correctament

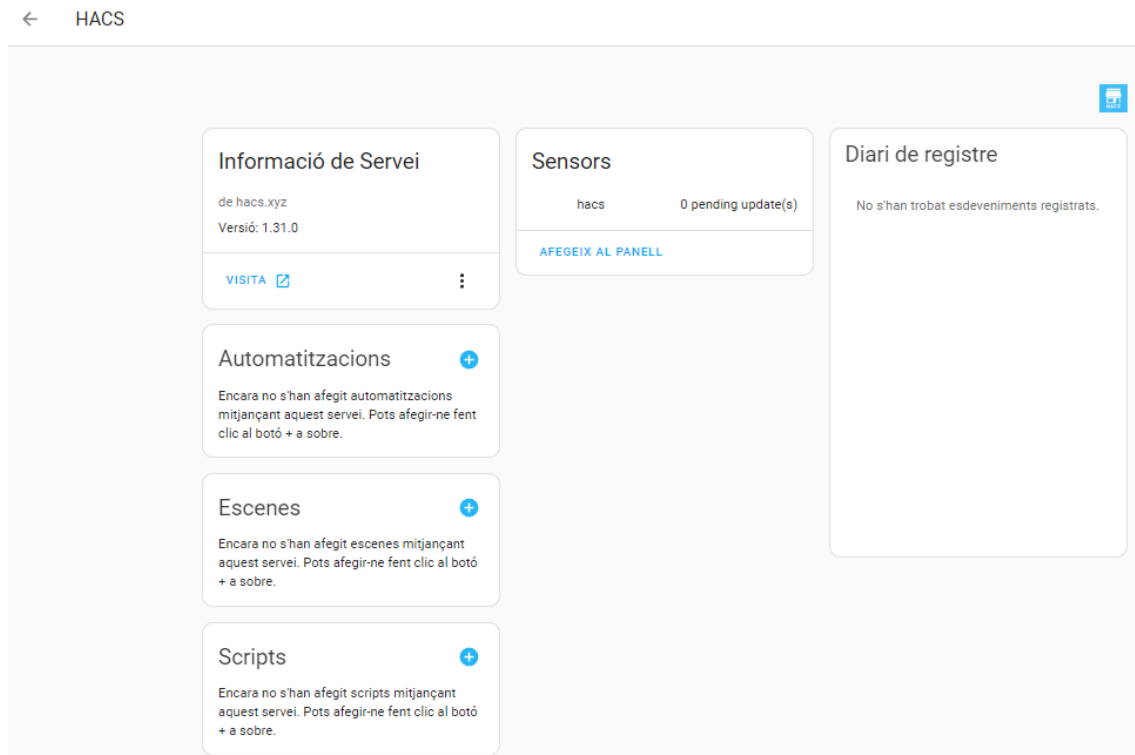


Figura Annex B.93: Informació de HACS

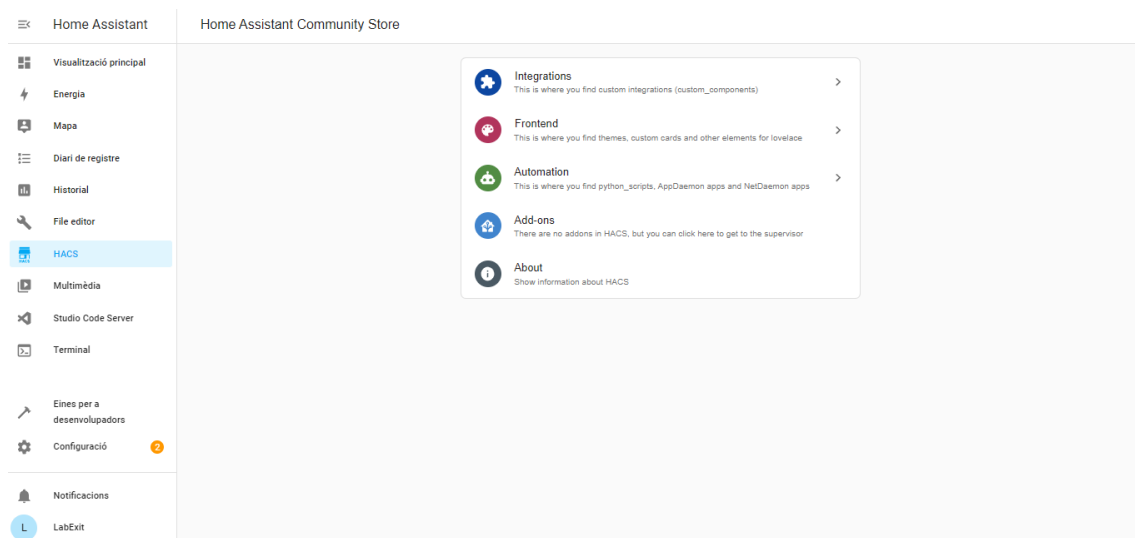


Figura Annex B.94: Menú principal de HACS

Com a exemple d'integració realitzada mitjançant HACS hi ha la bateria Sönnen⁴¹ del sistema elèctric (veure l'apartat 2.1 Sistema elèctric).

Obrir HACS a Home Assistant / Integrations / Menú de 3 punts de la cantonada superior dreta / Custom Repositories.

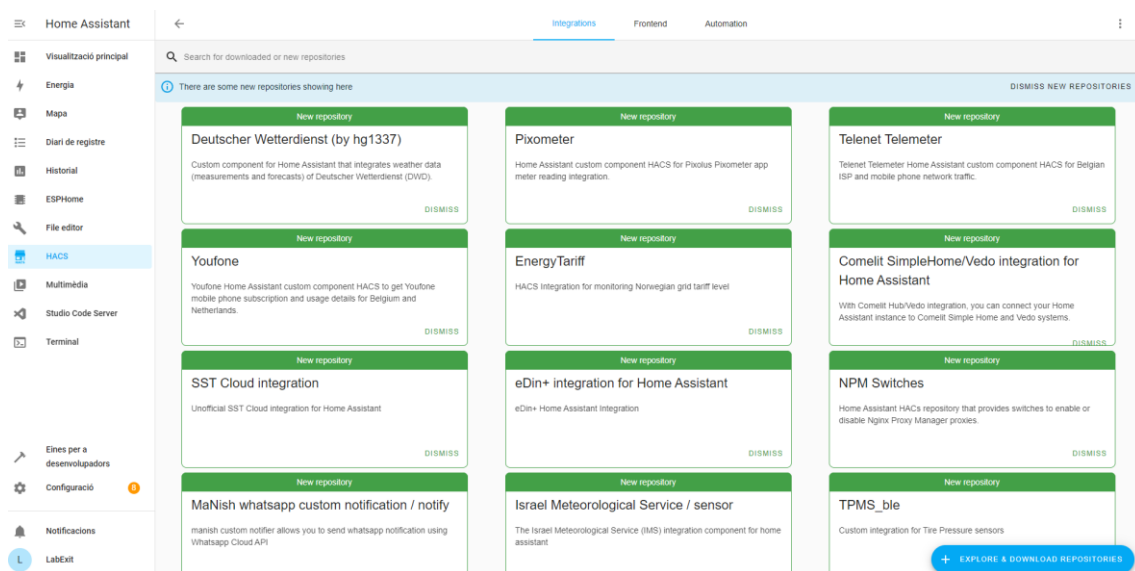


Figura Annex B.95: Menú d'integracions de HACS

Afegir la URL del repositori⁴² i la categoria (Integration) i clicar Add.

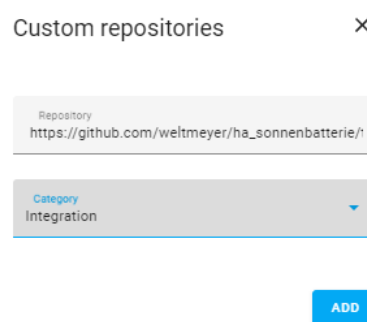


Figura Annex B.96: Menú d'afegir un nou repositori

⁴¹ Enllaç de la integració: https://github.com/weltmeyer/ha_sonnenbatterie

⁴² Enllaç del repositori:

https://github.com/weltmeyer/ha_sonnenbatterie/tree/master/custom_components/sonnenbatterie

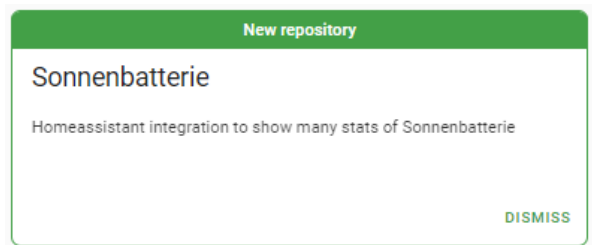
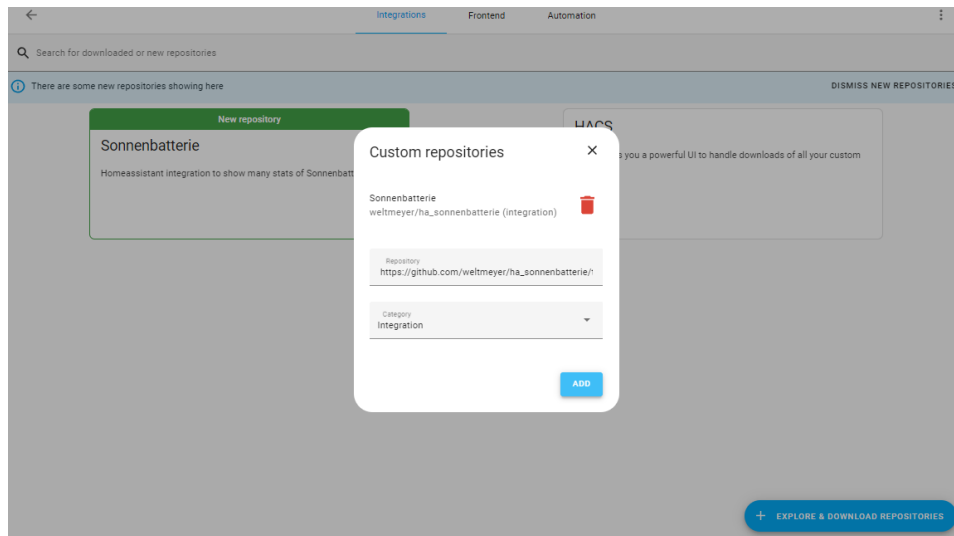


Figura Annex B.97: Captures del procés d'instal·lació del repositori

Accedir a Sonnenbatterie i clicar Download.

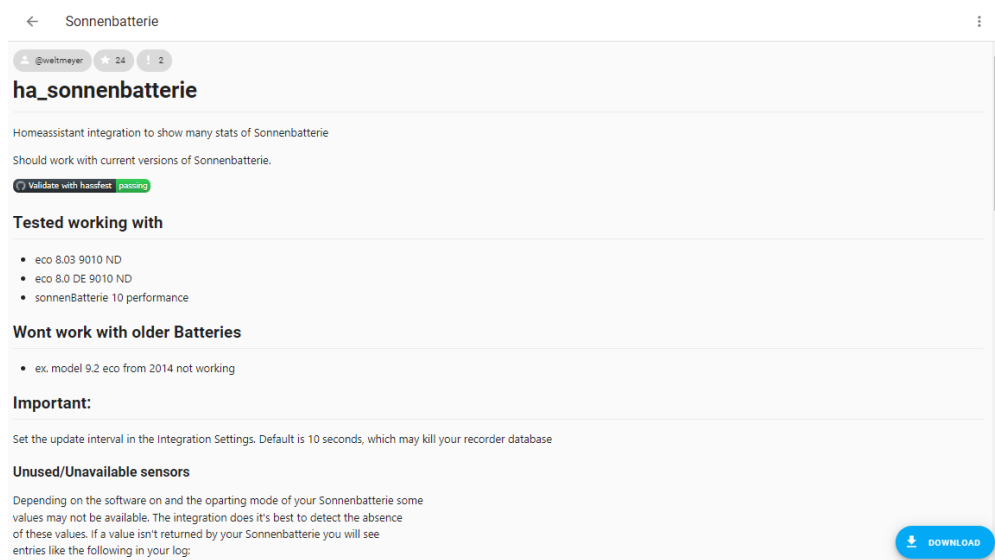


Figura Annex B.98: Instal·lació de la integració de Sönnen

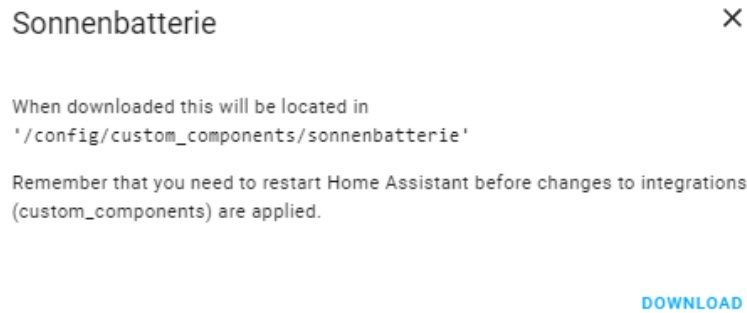


Figura Annex B.99: Descàrrega de la integració de Sönnen

La integració s'instal·la i, en finalitzar, es tancar automàticament la finestra emergent. Si es torna enrere a la pantalla d'integracions de HACS apareix com a pendent de reiniciar.

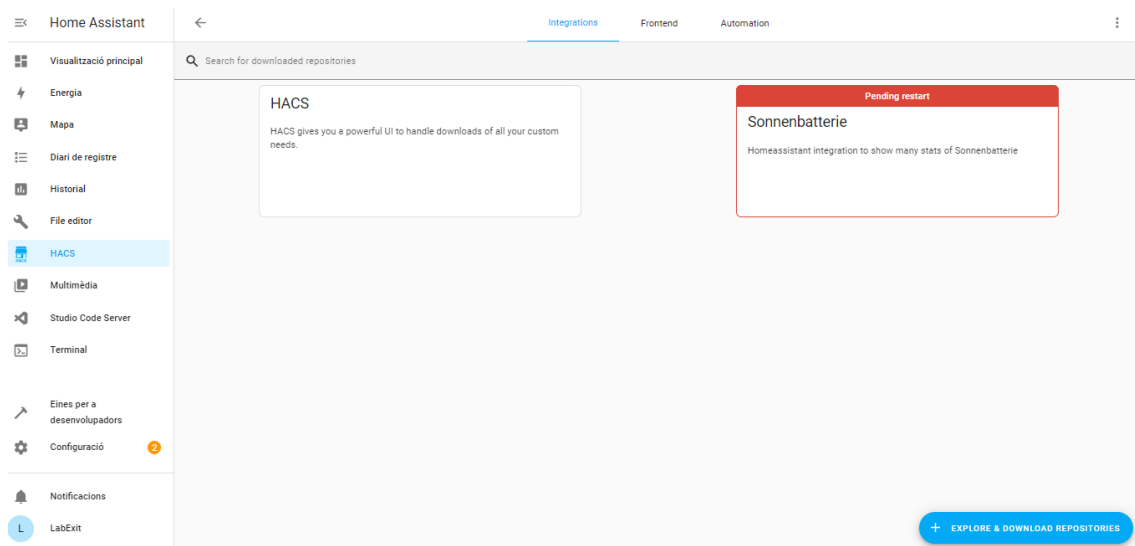


Figura Annex B.100: Menú de les integracions de HACS, pendent de reiniciar

Reiniciant el sistema, ja apareix la integració instal·lada. Això implica que a partir d'aquest moment apareix en el llistat d'integracions disponibles al sistema de Home Assistant.

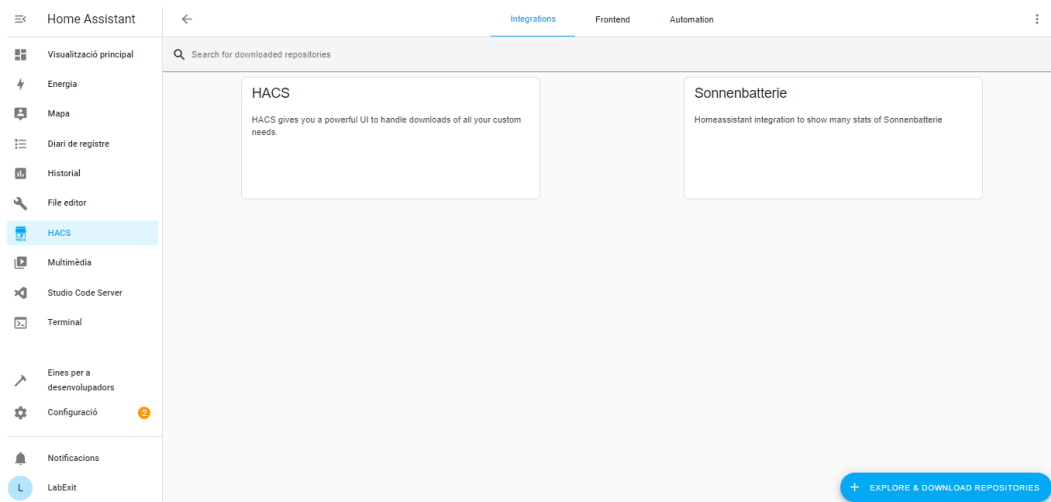


Figura Annex B.101: Menú de les integracions de HACS instal·lades

El següent pas és instal·lar la integració a Home Assistant. A Configuració / Dispositius i Serveis / Integracions / Afegir una integració (tal com s'ha fet anteriorment amb HACS; veure l'apartat de l'annex B.3.1 Integracions de Home Assistant). Cercar "Sonnenbatterie" i instal·lar.

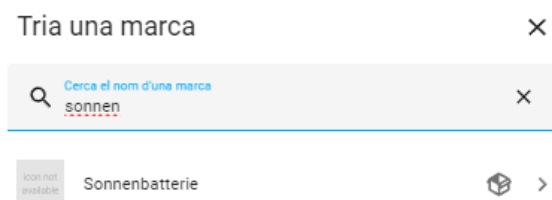


Figura Annex B.102: Cerca de la integració de Sönnen a les integracions de Home Assistant

The image shows a login form titled 'Enter your Sonnenbatterie-login information'. It has a close button (X) and a help icon (?). The form contains three input fields: 'Username(user/installer)' with radio buttons for 'User' (selected) and 'Installer'; 'Password*' with a toggle for visibility; and 'IP-Address*'. At the bottom right is a blue button labeled 'ENVIAR'.

Figura Annex B.103: Introducció de les credencials de Sönnen

Cal introduir les credencials amb les quals s'accedeix a la bateria mitjançant l'aplicació oficial. Un cop configurada, ja apareix la integració amb 54 entitats.



Figura Annex B.104: Integració de Sonnen correctament instal·lada, amb 54 entitats

B.7. Configuració de Lovelace

Lovelace és la denominació de Home Assistant a la seva interfície d'usuari. Aquesta interfície està dividida en panells (*dashboards*⁴³) de visualització. Es poden crear i gestionar els panells a Configuració / Panells. Un panell es pot configurar per a ésser accessible només per als perfils d'usuari administrador, i es poden mostrar o no a la barra lateral.

Títol	Mètode de configuració	Només ad...	Mostra a la ba...
Visualització principal	Controlat per la IU	-	✓
Energia	Controlat per la IU	-	✓
Labo	Controlat per la IU	-	-

Figura Annex B.105: Menú de Panells

Clicant a “Afegeix Panell” es pot afegir un nou panell a Home Assistant. Es requereix un títol, seleccionar una icona dintre de la base de dades de Home Assistant, i una direcció URL (que, en escriure el camp Títol, crea un nom editable basat en el nom del panell).

⁴³ <https://www.home-assistant.io/dashboards/>

Afegeix un nou panell ×

Títol*

Icona*

URL*

Només administrador

Mostra a la barra lateral

CREA

Figura Annex B.106: Interfície d'afegir un nou panell

Els panells estan dividits en “Visualitzacions”⁴⁴ (*Views*), i integrats principalment per targetes⁴⁵. Una Visualització es pot entendre com una pestanya i/o finestra d'un navegador, les quals mostren informació en un format visual i intuïtiu, mentre que una targeta és l'element individual que mostra informació d'una entitat.

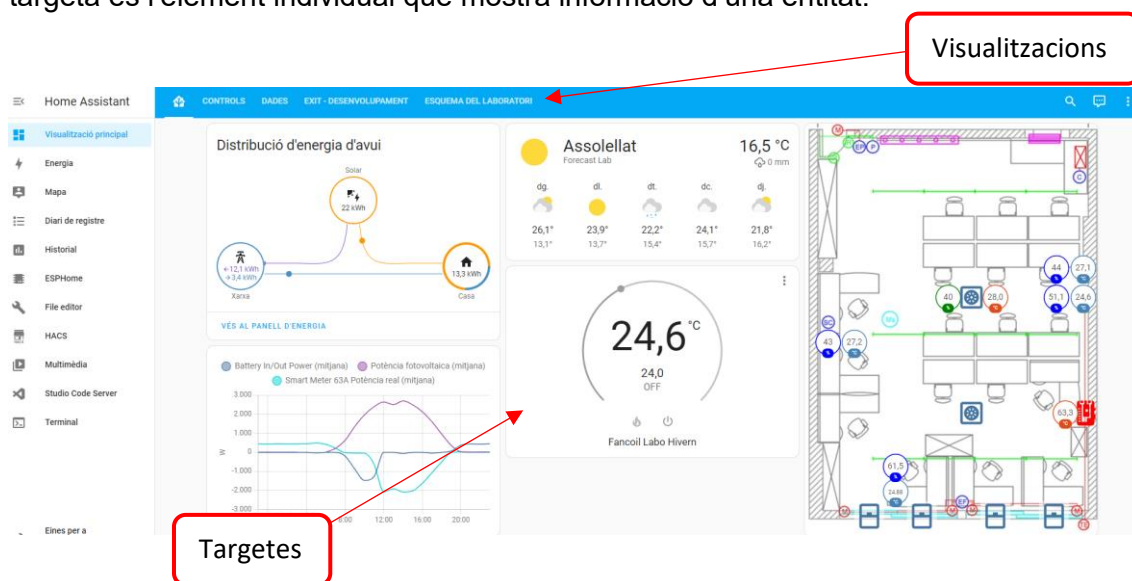


Figura Annex B.107: Interfície de Lovelace

Per accedir al menú d'edició del panell cal clicar al botó de tres puntets de la cantonada superior dreta, a la única opció disponible “Edita Panell”. En el menú d'edició del panell es poden editar la capçalera del panell, les Visualitzacions i les Targetes.

⁴⁴ <https://www.home-assistant.io/dashboards/views/>

⁴⁵ <https://www.home-assistant.io/dashboards/cards/>

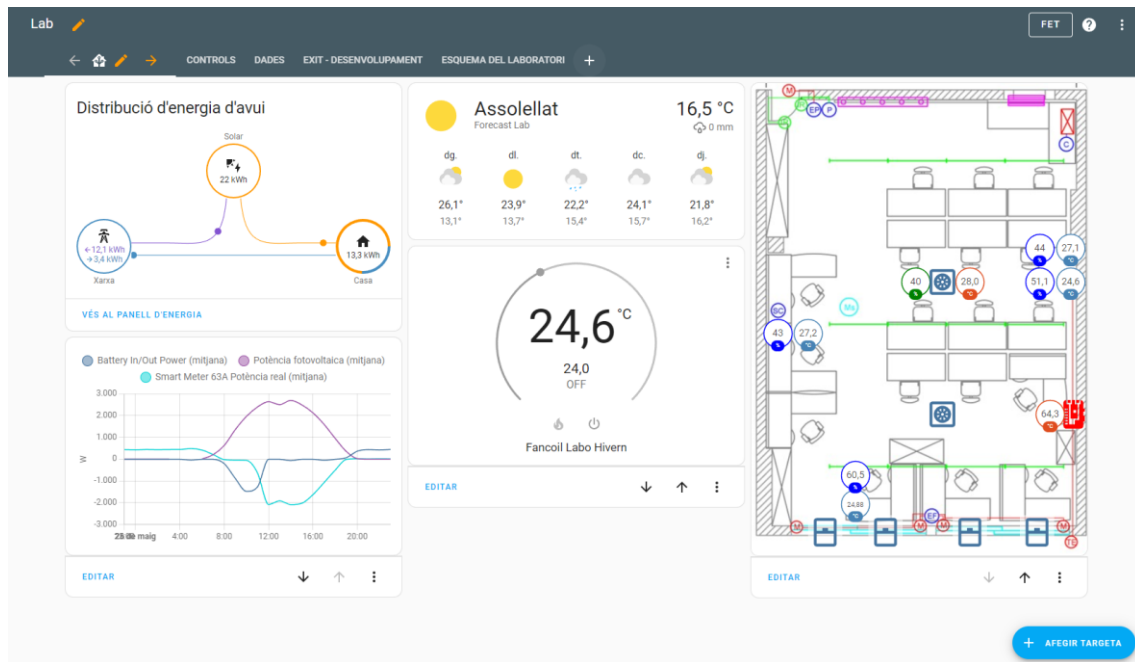


Figura Annex B.108: Panell d'edició de Lovelace

Clicant al botó de tres puntets de la cantonada superior dreta es poden accedir a quatre opcions.





-  Entitats sense utilitzar
-  Editor de codi
-  Gestiona els panells
-  Gestiona els recursos

Figura Annex B.109: Menú de Lovelace

B.7.1. Visualitzacions

Es pot modificar una Visualització ja creada (botó de llapis al costat del nom de la Visualització) o crear-ne de noves (botó +). La configuració d'una Visualització es troba dividida en:

- Configuració: assignació de títol o icona, direcció URL i tipus de visualització:

- Maçonari: visualització estàndard de Home Assistant en què les targetes s'ordenen semi-aleatòriament en fins a tres columnes.

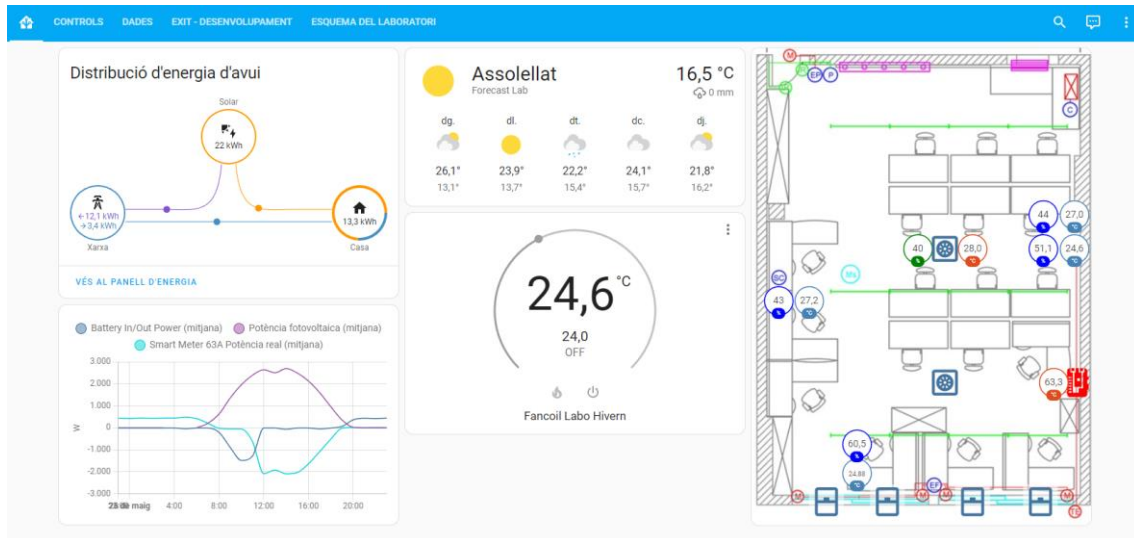


Figura Annex B.110: Implementació de l'eXiT, panell Home, mode maçonari

- Barra lateral: una columna principal, amb una petita columna auxiliar a la dreta:



Figura Annex B.111: Implementació de l'eXiT, panell Dades, mode barra lateral

- Panell (1 targeta): una única targeta.

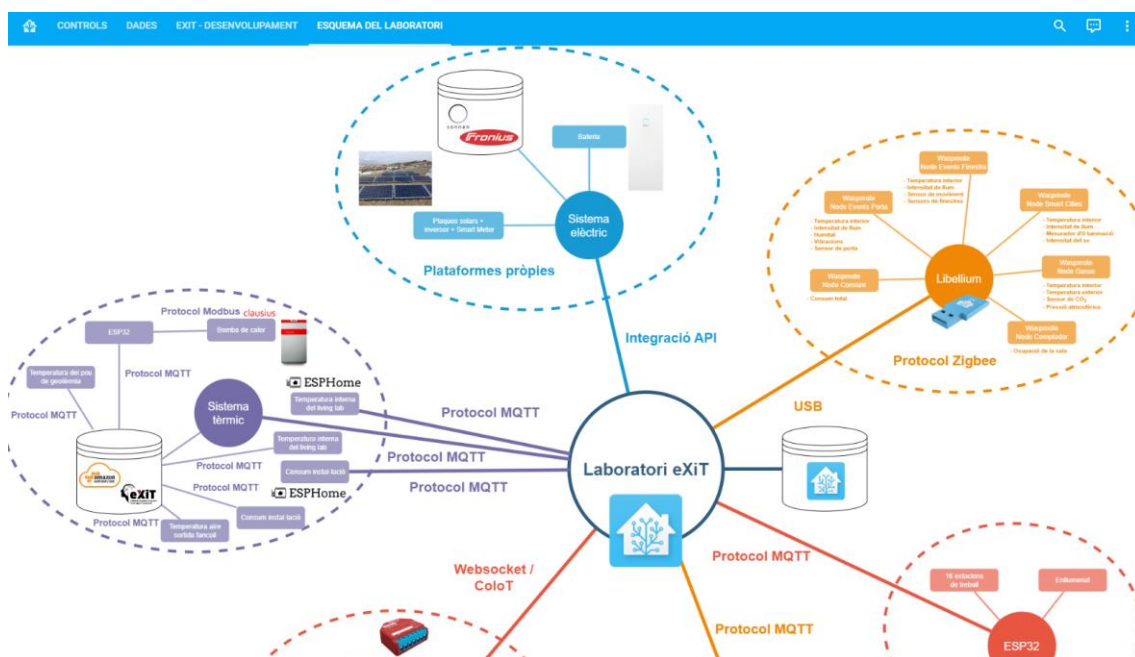


Figura Annex B.112: Implementació de l'eXiT, panell Esquema del laboratori, mode Panell (1 targeta)

- **Insígnies:** en el mode de visualització Maçonari es poden configurar insígnies: són entitats que se situen a la part superior del panell. Com a exemples, es poden utilitzar com a indicadors destacats, o configurar-los com a botons que filtren la informació que es mostra al panell.
- **Visibilitat:** permet assignar quins usuaris poden tenir accés a la Visualització.

B.7.2. Targetes

Home Assistant disposa de fins a 34 tipus diferents de targetes. En aquest apartat s'avaluen els més rellevants per a la implementació de la plataforma a l'eXiT. En clicar al botó "Afegir Targeta" apareix un menú pop-up que permet afegir targetes, tot i que també ofereix una opció de cerca per entitats.

Quina targeta vols afegir a la visualització "Controls"?

PER TARGETA

PER ENTITAT

Q Cerca targetes

Panell d'alarma

La targeta panell d'alarma et permet activar i desactivar les integracions amb panell de control d'alarma.

Botó

8RELAY WINDOWS Relay1

Calendari

La targeta Calendari mostra un calendari que inclou visualitzacions de dia, setmana i llista

Entitats

Mida de la base de dades	141,17 MB
sensor Cost	0,10 €
sensor Compensation	0,00 €

Entitat

Mida de la base de dades
141,17 MB

Galga

141,17 MB
Mida de la base de dades

Visualització

Mida de la base de dades	sensor Cost	sensor Compens...
141,17 MB	0,10 €	0,00 €

Gràfic històric

Sofa i historitz Sofa i historitz

2:00 5:00 11:00 15:00 20:00 27 de ms

Gràfic d'estadístiques

Amb la targeta gràfic d'estadístiques pots visualitzar un gràfic amb estadístiques de cadascuna de les entitats establertes.

Estadística

Humidificador

Llum

CANCEL·LA

Figura Annex B.113: Menú per afegir una targeta a Lovelace

Per afegir una targeta, cal clicar sobre ella en el menú, i configurar-la en el pas següent. Home Assistant ofereix un editor visual intuïtiu que permet configurar tots aquells paràmetres requerits. No obstant, per a targetes amb un nivell de complexitat més gran, es recomana l'ús de l'editor de codi en llenguatge YAML. Cal tenir en compte a l'hora de triar una targeta que Home Assistant limita quines entitats es poden configurar amb segons quin tipus de targetes.

- Botó: permet activar o desactivar entitats actuadores tipus switch. D'altra banda, també es poden fer crides a serveis com scripts, automatitzacions, temporitzadors o covers.
- Entitat: mostra la informació sobre l'estat o la mesura d'una entitat.
- Visualització: mostra la informació sobre l'estat o la mesura de diverses entitat.

- Gràfic històric: mostra un gràfic lineal sobre l'estat d'una entitat en un període determinat.
- Gràfic d'estadístiques: mostra una corba en una gràfica en funció del temps. Es permeten agrupar diferents entitats que tenen la mateixa unitat de mesura.
- Imatge amb elements⁴⁶: permet integrar una imatge amb diferents indicadors d'entitats (veure l'apartat de l'annex B.7.3 Disseny de targetes)
- Termòstat⁴⁷: configuració d'un termòstat predissenyat. Requereix disposar prèviament una entitat de clima, per exemple creant-la a l'arxiu config.yaml (veure l'apartat de l'annex B.3.4 Declaracions a configuration.yaml).
- Previsió meteorològica: mostra la previsió segons el proveïdor de forecast configurat.
- Peça: és una targeta que permet mostrar la informació d'una entitat, però també interaccions amb ella o amb altres serveis. En aquest cas, la integració del control de les finestres s'ha realitzat amb aquest tipus d'element (veure l'apartat de l'annex B.7.3 Disseny de targetes), ja que permet introduir els diversos controls.
- Pila horitzontal i pila vertical: permet agrupar targetes de diferents tipus en blocs horitzontals o verticals. Degut que Home Assistant, en mode Maçonari, ordena les targetes de manera semi-aleatòria, és una opció interessant per mantenir un ordre estricte en alguns elements, com en gràfiques o els controls de les finestres (veure l'apartat de l'annex B.7.3 Disseny de targetes).

B.7.3. Disseny de targetes

Es mostren alguns exemples de disseny de targetes complexos:

- Pila vertical, formada per un entramat de piles horitzontals i verticals, amb piles i una gràfica.

⁴⁶ <https://www.home-assistant.io/dashboards/picture-elements/>

⁴⁷ <https://www.home-assistant.io/dashboards/thermostat/>

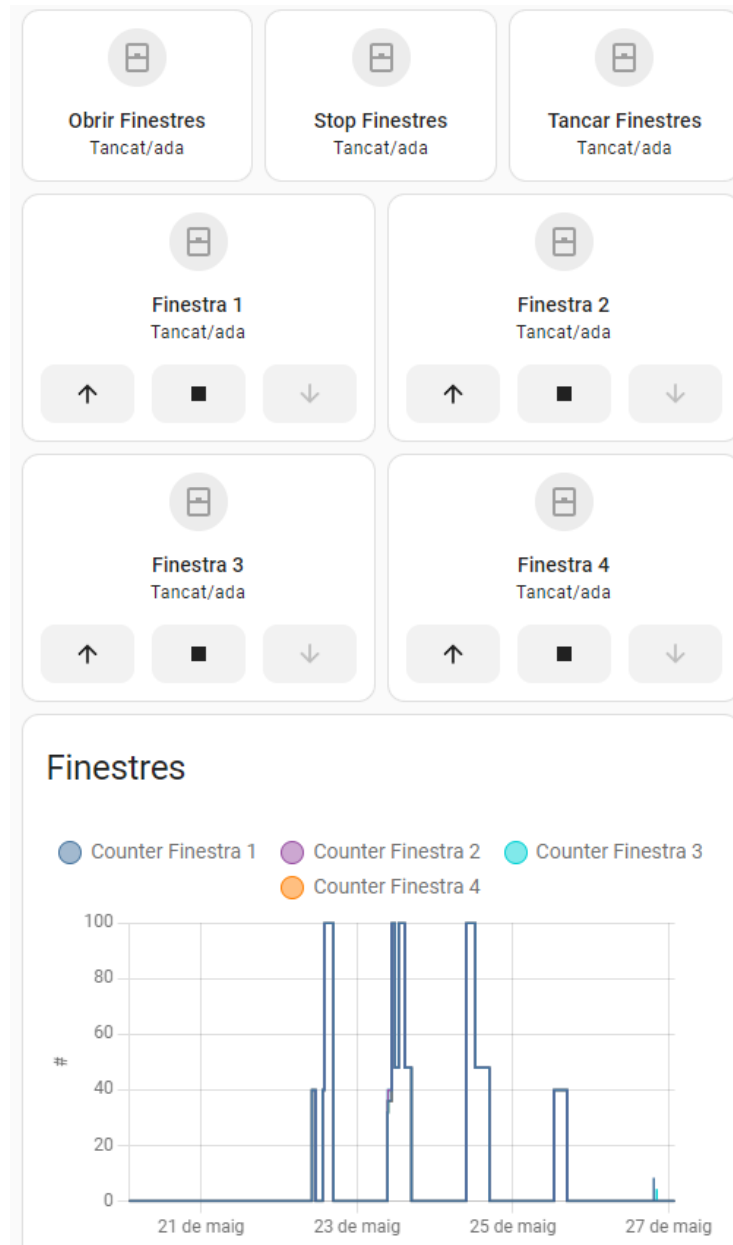


Figura Annex B.114: Exemple de pila vertical combinada amb piles horitzontals

Codi de programació:

type: vertical-stack

cards:

- type: horizontal-stack

cards:

- type: tile

tap_action:

action: call-service


```
service: cover.open_cover
target:
  entity_id:
    - cover.finestra_1
    - cover.finestra_2
    - cover.finestra_3
    - cover.finestra_4
data: {}
icon: "
entity: cover.finestra_1
name: Obrir Finestres
show_entity_picture: false
vertical: true
- type: tile
entity: cover.finestra_2
tap_action:
  action: call-service
  service: cover.stop_cover
target:
  entity_id:
    - cover.finestra_1
    - cover.finestra_2
    - cover.finestra_3
    - cover.finestra_4
data: {}
name: Stop Finestres
vertical: true
- type: tile
entity: cover.finestra_3
tap_action:
  action: call-service
  service: cover.close_cover
target:
  entity_id:
    - cover.finestra_1
    - cover.finestra_2
    - cover.finestra_3
    - cover.finestra_4
data: {}
name: Tancar Finestres
vertical: true
- type: horizontal-stack
cards:
  - features:
```

```
- type: cover-open-close
type: tile
entity: cover.finestra_1
vertical: true
- features:
  - type: cover-open-close
  type: tile
  entity: cover.finestra_2
  vertical: true
- type: horizontal-stack
cards:
  - type: tile
  entity: cover.finestra_3
  vertical: true
  features:
    - type: cover-open-close
  - type: tile
  entity: cover.finestra_4
  vertical: true
  features:
    - type: cover-open-close
- type: history-graph
entities:
  - entity: counter.counter_finestra_1
  - entity: counter.counter_finestra_2
  - entity: counter.counter_finestra_3
  - entity: counter.counter_finestra_4
title: Finestres
hours_to_show: 168
```

D'altra banda, s'adjunta un altre exemple de targeta:

- Imatge amb elements: en aquest cas s'ha triat una imatge en planta del living lab de l'eXiT, i s'hi ha ubicat les mesures dels sensors i la seva ubicació, així com els actuadors respectius de les finestres i les sortides del fancoil. En aquest cas, Home Assistant no disposa d'editor visual, i la configuració s'ha de realitzar plenament en codi YAML. No obstant, al lateral del panell de programació es mostra la interfície visual resultant obtinguda. Finalment, tenir en compte que si es desitja utilitzar una imatge en local, es pot carregar a Home Assistant al complement d'Studio Code Server (veure l'apartat de l'annex B.4 Complementos), arrossegant des de l'explorador d'arxius de

Windows fins a la carpeta corresponent de Home Assistant, dintre de la carpeta config.

Configuració de la targeta lmatge amb elements



```

1 |type: picture-elements
2 |elements:
3 | - type: state-badge
4 |   entity: sensor.dht_esp32mhet_temperature
5 |   style:
6 |     top: 53%
7 |     left: 17%
8 |     transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.7
9 |     '--label-badge-red': steelblue
10 |    '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
11 | - type: state-badge
12 |   entity: sensor.dht_esp32mhet_humidity
13 |   style:
14 |     top: 53%
15 |     left: 8%
16 |     transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.7
17 |     '--label-badge-red': blue
18 |     '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
19 | - type: state-badge
20 |   entity: sensor.dht4cfb_temperature
21 |   style:
22 |     top: 35%
23 |     left: 95%
24 |     transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.7
25 |     '--label-badge-red': steelblue
26 |     '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
27 | - type: state-badge
28 |   entity: sensor.dht4cfb_humidity
29 |   style:
30 |     top: 35%
31 |     left: 86%
32 |     transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.7
33 |     '--label-badge-red': blue
34 |     '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
35 | - type: state-badge

```

MOSTRA L'EDITOR VISUAL
CANCEL·LA

Figura Annex B.115: Interfície de programació d'una imatge amb elements

Codi de programació:

```

type: picture-elements
elements:
- type: state-badge
  entity: sensor.dht_esp32mhet_temperature
  style:
    top: 53%
    left: 17%
    transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
    '--label-badge-red': steelblue
    '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge

```

```
entity: sensor.dht_esp32mhet_humidity
style:
  top: 53%
  left: 8%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--label-badge-red': blue
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
entity: sensor.dht4cfb_temperature
style:
  top: 35%
  left: 95%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--label-badge-red': steelblue
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
entity: sensor.dht4cfb_humidity
style:
  top: 35%
  left: 86%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--label-badge-red': blue
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
entity: sensor.shelly_h_t_temperature
style:
  top: 89%
  left: 31%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--label-badge-red': steelblue
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
entity: sensor.shelly_h_t_humidity
style:
  top: 83%
  left: 31%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--label-badge-red': blue
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
entity: sensor.shelly_ht_temperature
style:
  top: 42%
  left: 95%
```

```
    transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
    '--label-badge-red': steelblue
    '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
  entity: sensor.shelly_ht_humidity
  style:
    top: 42%
    left: 86%
    transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
    '--label-badge-red': blue
    '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-icon
  entity: cover.finestra_1
  style:
    top: 95%
    left: 85%
    transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25)
    background-color: rgba(255,255,255,0.5)
    '--mdc-icon-size': 40px
- type: state-icon
  entity: cover.finestra_2
  style:
    top: 95%
    left: 65%
    transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25)
    background-color: rgba(255,255,255,0.5)
    '--mdc-icon-size': 40px
- type: state-icon
  entity: cover.finestra_3
  style:
    top: 95%
    left: 40%
    transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25)
    background-color: rgba(255,255,255,0.5)
    '--mdc-icon-size': 40px
- type: state-icon
  entity: cover.finestra_4
  style:
    top: 95%
    left: 22%
    transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25)
    background-color: rgba(255,255,255,0.5)
    '--mdc-icon-size': 40px
- type: state-badge
```

```
entity: sensor.dht54d0_temperature
style:
  top: 42%
  left: 65%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-badge
entity: sensor.dht54d0_humidity
style:
  top: 42%
  left: 49%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
  '--label-badge-red': green
  '--ha-label-badge-title-font-size': 0px
- type: state-icon
entity: switch.shelly_plus_1pm_fancoil_switch_0
icon: mdi:heat-pump-outline
style:
  top: 42%
  left: 57%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25)
  '--mdc-icon-size': 40px
- type: state-icon
entity: switch.shelly_plus_1pm_fancoil_switch_0
icon: mdi:heat-pump-outline
style:
  top: 70%
  left: 57%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25)
  '--mdc-icon-size': 40px
- type: state-icon
entity: sensor.cpu_temperature
icon: mdi:raspberry-pi
style:
  top: 70%
  left: 96%
  transform: translate(-50%,-50%) scale(1.25) rotate(0.75turn)
  '--mdc-icon-size': 40px
  '--paper-item-icon-color': red
- type: state-badge
entity: sensor.cpu_temperature
style:
  top: 70%
  left: 89%
```

```
transform: translate(-50%,-50%) scale(0.75,0.75)
'--ha-label-badge-title-font-size': 0px
image: /local/labexit.png
```

B.8. Automatitzacions

Les automatitzacions són algorismes que s'executen en resposta a un disparador. Per a aquest apartat, es configura un termòstat que activi el fancoil mitjançant el switch Shelly a partir de la temperatura mesurada pel Shelly Plus HT.

Al codi configuration.yaml s'introdueix la informació de l'entitat del termòstat genèric⁴⁸.

```
96 climate:
97   - platform: generic_thermostat
98     name: Temperatura Labo # Nom de l'entitat
99     heater: switch.shelly_plus_1pm_fancoil_switch_0 # Entitat que controla el Fancoil
100    target_sensor: sensor.shelly_ht_temperature # Entitat que dona el senyal de temperatura
101    cold_tolerance: 0.2 # Tolerància del set de temperatura inferior
102    hot_tolerance: 0.2 # Tolerància del set de temperatura superior
103
```

Figura Annex B.116: Captura del codi de l'arxiu configuration.yaml, amb el detall de l'entitat climate

Verificar la configuració a Eines per a desenvolupadors (veure l'apartat de l'annex B.2.4 Eines per a desenvolupadors) i reiniciar el sistema. A continuació, al Lovelace es pot afegir l'entitat "Termòstat".

⁴⁸ Informació sobre l'entitat: https://www.home-assistant.io/integrations/generic_thermostat/

Configuració de la targeta Pila vertical

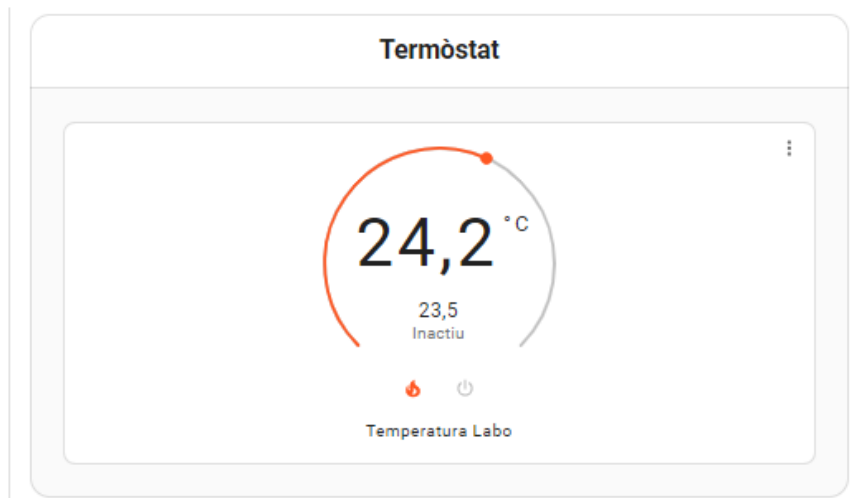


Figura Annex B.117: Selecció de la targeta Termòstat al menú de targetes



Figura Annex B.118: Configuració de l'entitat que controla el sistema de climatització

Seleccionar com a entitat la que s'ha creat a l'arxiu yaml. Un cop configurat, acceptar, i apareixerà al Lovelace. Mitjançant la boleta es pot modificar la consigna de temperatura, activar-lo en mode "escalfar" (icona de la flama) o apagar-lo (on/off).



Figura Annex B.119: Targeta del control de la climatització

A continuació, es procedeix a realitzar l'automatització. Obrir el menú, a Configuració / Automatitzacions i escenes.

Clicar a Automatització / Afegeix Automatització.

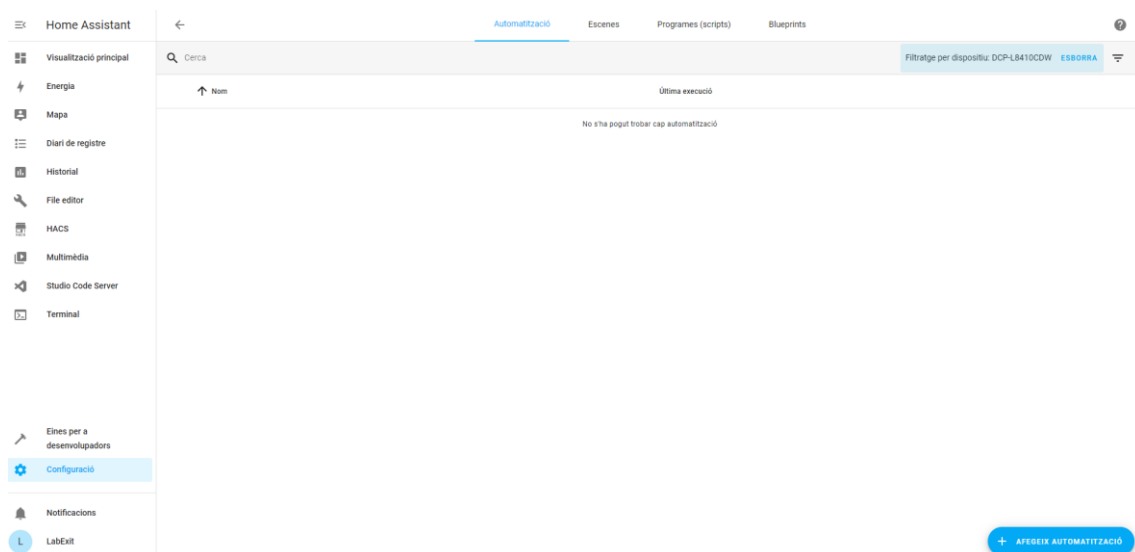


Figura Annex B.120: Menú d'Automatitzacions

Es desitja crear una automatització perquè encengui el control de clima els dies laborables a les 8h:

- A l'apartat Disparadors / Afegeix Disparador / Temporal: Temps fix, a les 8:00:00.

Disparadors

When the time is equal to 08:00:00

Mode

Temps fix

Valor d'un ajudant de data/hora o sensor amb classe 'timestamp'

A les

8 : 00 : 00

+ AFEGEIX DISPARADOR

Figura Annex B.121: Interfície gràfica de programació d'una automatització: Disparadors

- A l'apartat Condicions / Afegir Condició / Temporal: seleccionar únicament els dies laborables de dilluns a divendres.

Condicions

Time condition

Després

Temps fix

Valor d'un ajudant de data/hora o sensor amb classe 'timestamp'

Després

: :

Abans

Temps fix

Valor d'un ajudant de data/hora o sensor amb classe 'timestamp'

Abans

: :

Dies laborables
mon, tue, wed, thu, fri

+ AFEGIR CONDICIÓN

Figura Annex B.122: Interfície gràfica de programació d'una automatització: Condicions

- A l'apartat Accions / Afegir Acció / Crida Servei: Climatització: Turn on; Selecciona entitat: Temperatura Labo

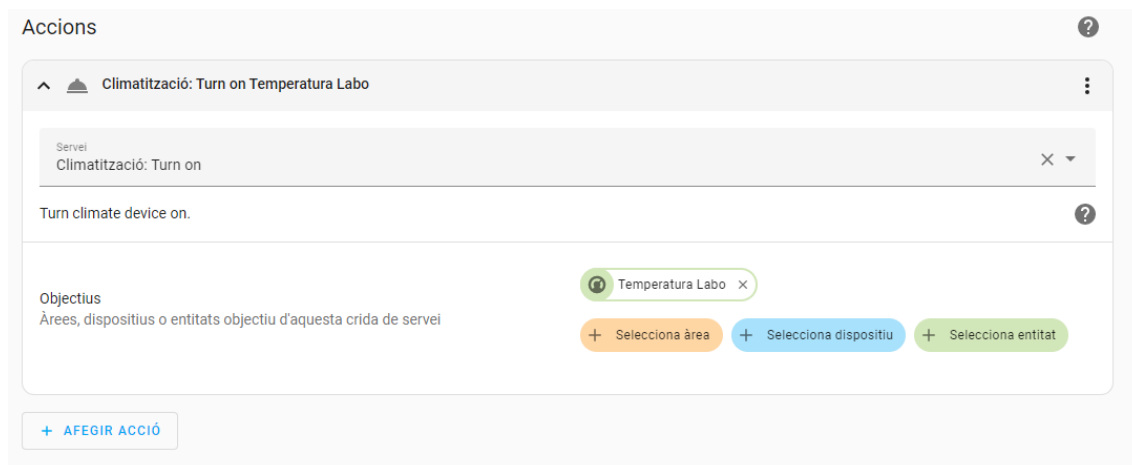


Figura Annex B.123: Interfície gràfica de programació d'una automatització: Accions

Guardar i assignar un nom a l'automatització.

Es pot replicar l'automatització perquè cada dia s'apagui el clima a una hora determinada.

D'aquesta manera, el menú quedaria:

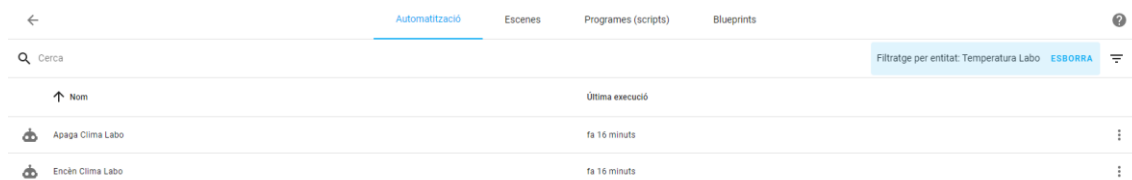


Figura Annex B.124: Menú d'Automatitzacions, amb les noves automatitzacions creades

B.9. Scripts

Els scripts són algorismes simples sense disparador. Aquest scripts són considerats serveis que es poden cridar des d'automatitzacions o botons al Lovelace, entre d'altres. Com a exemple per a aquest apartat s'ofereix l'exemple d'obertura d'una finestra.

Obrir el menú, a Configuració / Automatitzacions i escenes / Programes (scripts), i clicar Afegeix script.

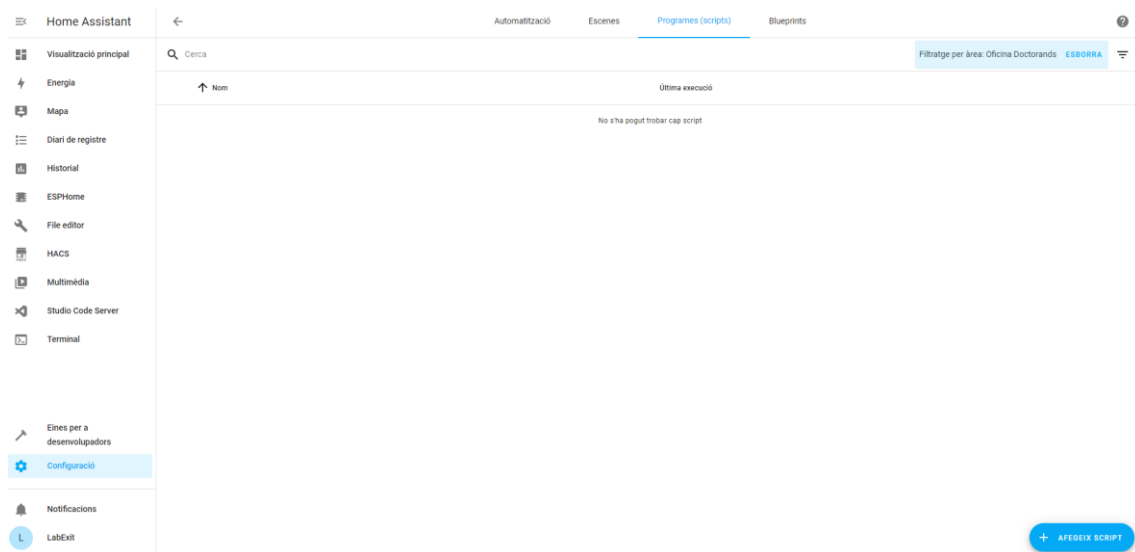


Figura Annex B.125: Menú Scripts, a Automatitzacions i Escenes dintre del menú Configuració

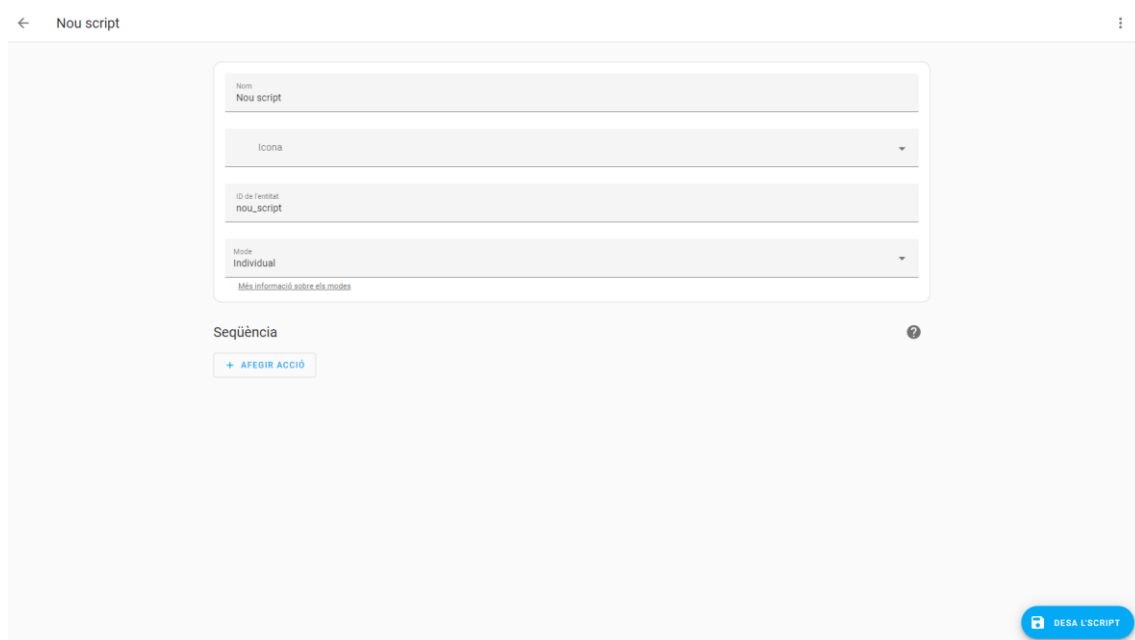


Figura Annex B.126: Interfície gràfica de programació d'un nou script

Cal assignar nom, icona, ID de l'entitat i mode, i finalment afegir la seqüència desitjada.



Figura Annex B.127: Assignació del nom de l'script, una icona i el mode d'execució

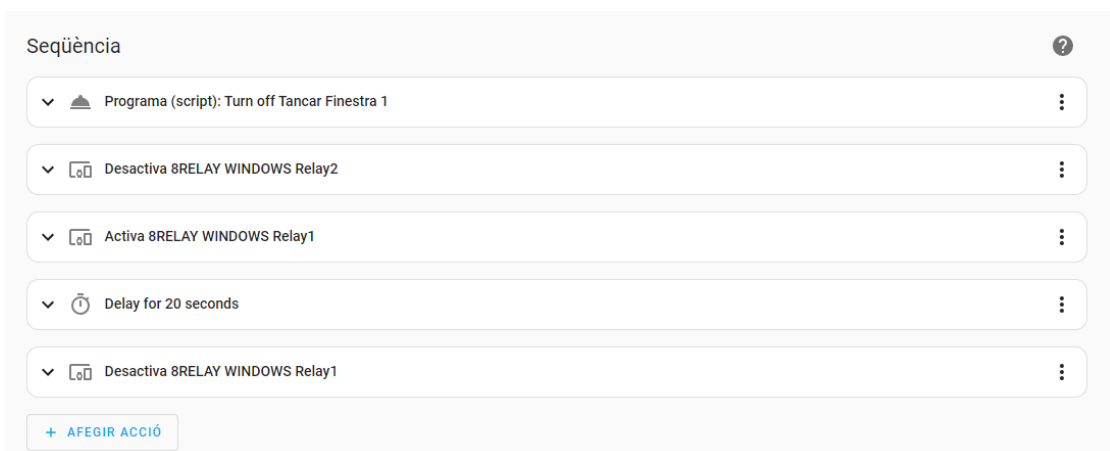


Figura Annex B.128: Script codificat

En aquest cas, s'ha optat per una seqüència lineal. S'ha pogut realitzar de manera senzilla i intuïtiva mitjançant la interfície visual de programació.

Es pot replicar i completar la configuració per a les 4 finestres.

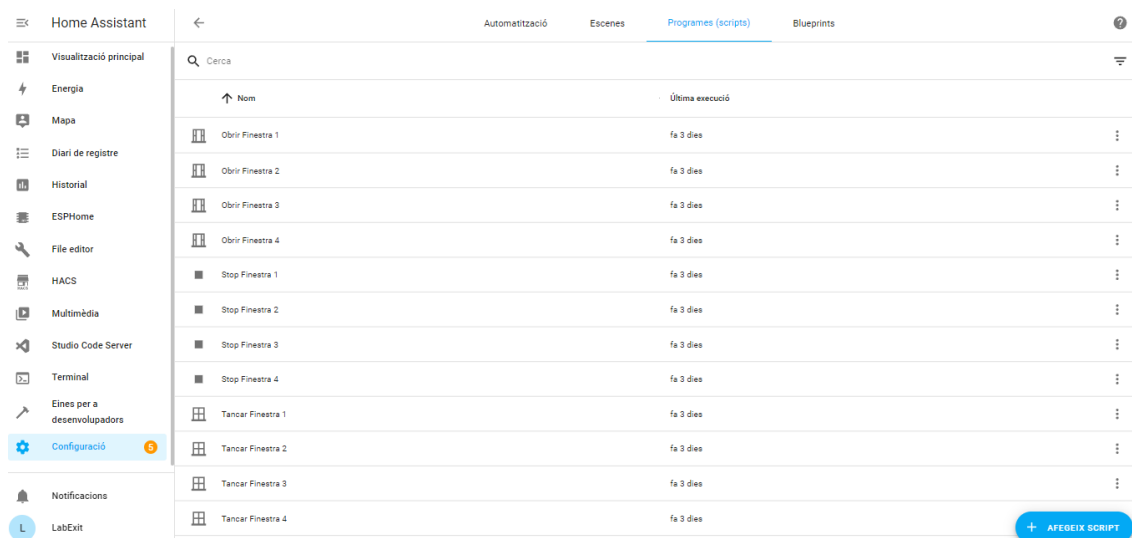


Figura Annex B.129: Menú d'scripts amb múltiples seqüències creades

Anant més enllà, Home Assistant ofereix una funcionalitat especial per a tancaments (finestres, portes, etc.) anomenada “cover”⁴⁹, el qual actua com a control dedicat.

Per a realitzar una implementació òptima del control de les finestres es realitzen diferents configuracions. Degut que no hi ha un control de la posició de la obertura, es realitza un control intuïtiu per temps. Així doncs, es requereix d'afegir entitats auxiliars. En aquest cas, es realitzen per dos mètodes diferents per interès acadèmic:

- Mètode configuration.yaml:

S'afegeixen les següents línies mitjançant l'editor per crear 4 variables de tipus booleana⁵⁰, una per cada estat de la finestra, i per a cada finestra. En aquest aspecte, cal destacar que al laboratori hi ha instal·lats sensors de contacte magnètic a cada finestra, de manera que en un futur (quan estigui implementat al Home Assistant) es podrà ometre el sensor booleà de la finestra tancada, i utilitzar el sensor físic.

⁴⁹ Informació sobre la integració cover:

<https://www.home-assistant.io/integrations/cover/>

<https://www.home-assistant.io/integrations/cover.template/>

⁵⁰ Per a més informació: https://www.home-assistant.io/integrations/input_boolean/

```
input_boolean:  
- finestra_1_tancada:  
  - name: Finestra 1 Tancada  
- finestra_1_oberta:  
  - name: Finestra 1 Oberta  
- finestra_1_tancant:  
  - name: Finestra 1 Tancant  
- finestra_1_obrint:  
  - name: Finestra 1 Obrint
```

Figura Annex B.130: Captura de l'arxiu configuration.yaml, amb detall en les variables d'estat creades

Recordar que un cop modificat l'arxiu YAML cal verificar la configuració a Eines per a Desenvolupadors (veure l'apartat de l'annex B.2.4 Eines per a desenvolupadors) i reiniciar Home Assistant per què s'implementin els canvis a l'arxiu.

- Mètode Interface (Ajudants):

Obrir el menú Configuració / Dispositius i Serveis / Ajudants. Es pot observar com totes les variables booleanes creades mitjançant el mètode anterior ja apareixen aquí (si s'ha reiniciat el sistema per implementar els canvis).

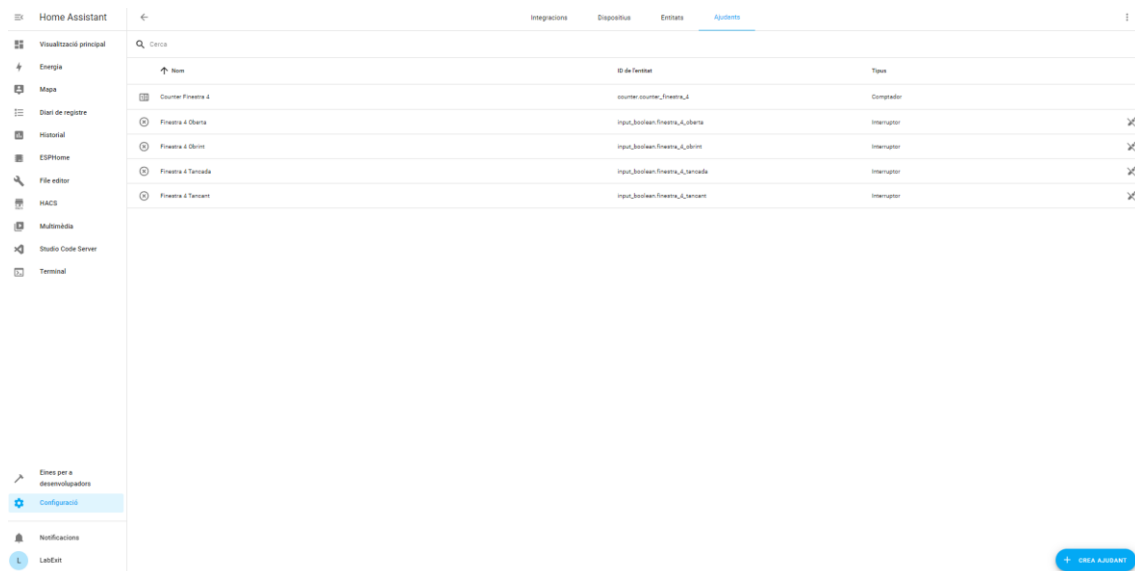


Figura Annex B.131: Menú d'Ajudants, a Dispositius i Serveis

En clicar Crear ajudant s'obre un a finestra emergent amb diferents tipus d'ajudants. En aquest cas es crea un Comptador⁵¹ (del tipus assenyalat), configurant-lo a mida.

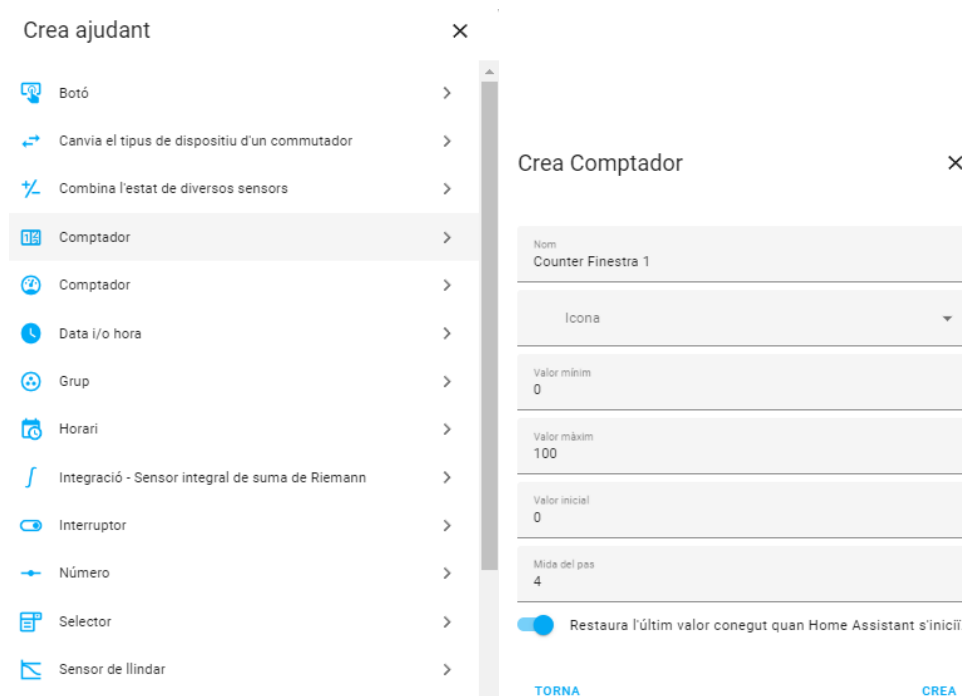


Figura Annex B.132: Menú de Crea Ajudant, i selecció per Crear un Comptador

En aquest cas, se segueix la lògica: 0% = 0 segons d'obertura / 100% = 25 segons d'obertura (per tant, $100/25 =$ mida de pas 4).

Es programa una automatització (veure l'apartat de l'annex B.8 Automatitzacions) per a cada ajudant comptador, per a cada fase d'obertura o tancament de la finestra, seguint l'algorisme corresponent.

Cada segon (time patern trigger), es revisa si es dona la confició que la variable booleana "Finestra X Obrint/Tancant" està activada. Si ho està, s'incrementa o es decrementa el comptador (o, altrament dits, sensor virtual de posició de la finestra) en la mida del pas definit prèviament.

⁵¹ Per a més informació: <https://www.home-assistant.io/integrations/counter/>

Counter temps

Disparadors

Time pattern trigger

Hores

Minuts

Segons /1

+ AFEGEIX DISPARADOR

Condicions

Confirm Finestra 1 Obrint is 'ON'

+ AFEGIR CONDICIÓ

Accions

Comptador: Increment Counter Finestra 1

+ AFEGIR ACCIÓ

Figura Annex B.133: Interfície visual de creació de l'automatització, amb el detall de cada programa

Finestra 1 Closing	fa 3 dies	
Finestra 1 Opening	fa 3 dies	
Finestra 2 Closing	fa 3 dies	
Finestra 2 Opening	fa 3 dies	
Finestra 3 Closing	fa 3 dies	
Finestra 3 Opening	fa 3 dies	
Finestra 4 Closing	fa 3 dies	
Finestra 4 Opening	fa 3 dies	

+ AFEGEIX AUTOMATITZACIÓ

Figura Annex B.134: Menú Automatitzacions amb múltiples automatitzacions creades

Els scripts creats anteriorment, es poden modificar afegint aquestes noves variables. Per exemple, per a l'script d'obertura de la finestra 4:

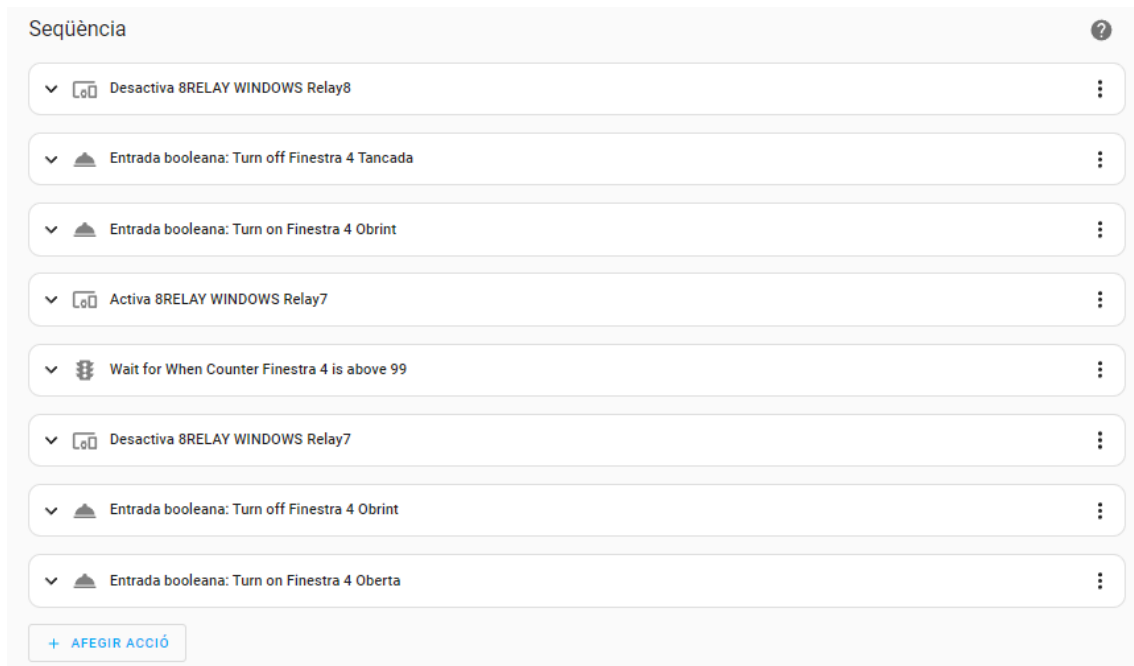


Figura Annex B.135: Interfície visual de modificació d'script d'obertura de finestra

Mitjançant aquest script, quan s'activa el Relay d'obertura (Relay7) (que tanmateix activa la variable booleana "Obrint" i, per tant, l'automatització anterior provoca l'activació del comptador), el programa espera a que el comptador de finestra sigui superior a 99, moment en el qual atura el motor i realitza el canvi en les variables booleans.

A continuació, es configura el cover. A configuration.yaml, a l'Studio Code Server (veure l'apartat de l'annex B.3.4 Declaracions a configuration.yaml), s'introdueix la informació:

```

cover:
  - platform: template
  covers:
    finestra_1:
      device_class: window
      friendly_name: Finestra 1
      position_template: "{{ states('counter.counter_finestra_1') }}"
      value_template: >-
        {% if is_state('input_boolean.finestra_1_tancada', 'on') %}
        closed
        {% elif is_state('input_boolean.finestra_1_oberta', 'on') %}
        open
        {% endif %}
      open_cover:
        service: script.obrir_finestra_1
      close_cover:
        - condition: state
          entity_id: input_boolean.finestra_1_tancada
          state: "off"
        - service: script.tancar_finestra_1
      stop_cover:
        service: script.stop_finestra_1

```

Figura Annex B.136: Captura de l'arxiu configuration.yaml, amb detall en la programació de l'entitat cover de la finestra 1

Descriptiu: la classe de dispositiu (`device_class`) és una finestra, la posició de la obertura de la finestra (`position_template`) es basa en l'ajudant comptador "Counter Finestra 1" que és el que marca el % d'obertura de la finestra. S'assigna també un "value_template" en què es marca quines variables indiquen l'estat obert i tancat de la finestra. Finalment, quins serveis (quins scripts, els que s'han creat prèviament) obren, tanquen i aturen la finestra.

Finalment, es realitza la implementació del control al panell de visualització Lovelace (veure l'apartat de l'annex B.7 Configuració de Lovelace). Es realitza mitjançant una tile⁵² (peça).

⁵² Per a més informació: <https://www.home-assistant.io/dashboards/tile/>

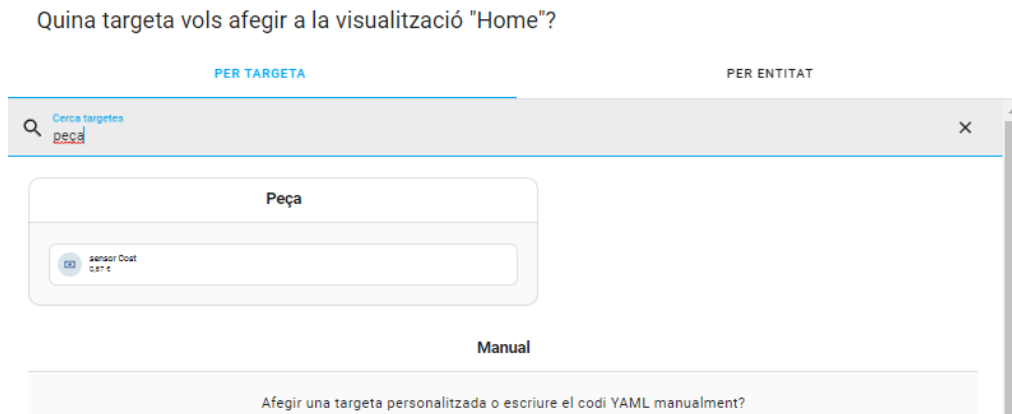


Figura Annex B.137: Menú de creació de targeta de Peça a Lovelace

Es busca la cover corresponent.

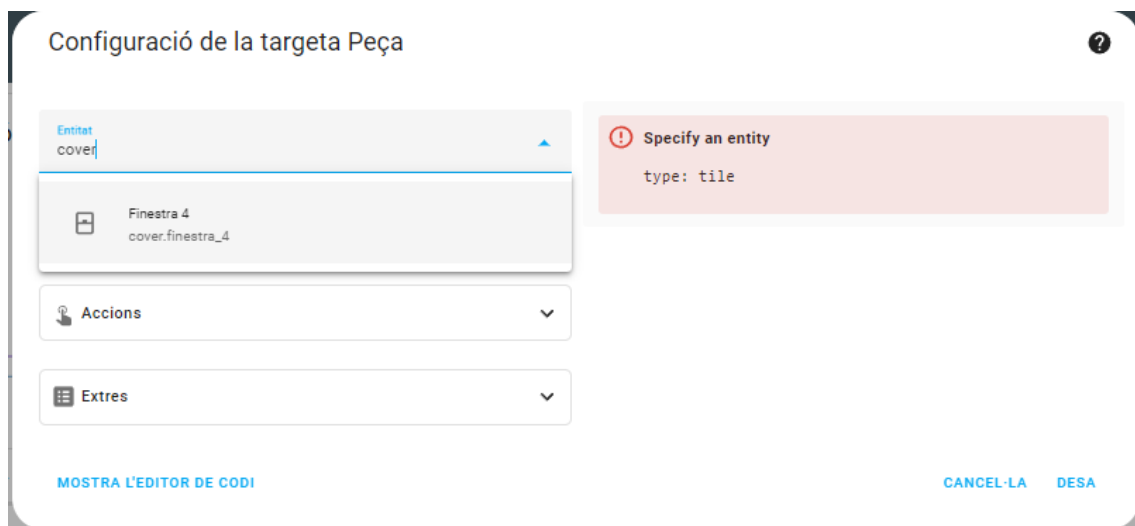


Figura Annex B.138: Menú de configuració de la targeta Peça: selecció de l'entitat

Clicar a Extres / Afegeix Extra, i assignar Coberta obre/tanca. Finalment, desar.

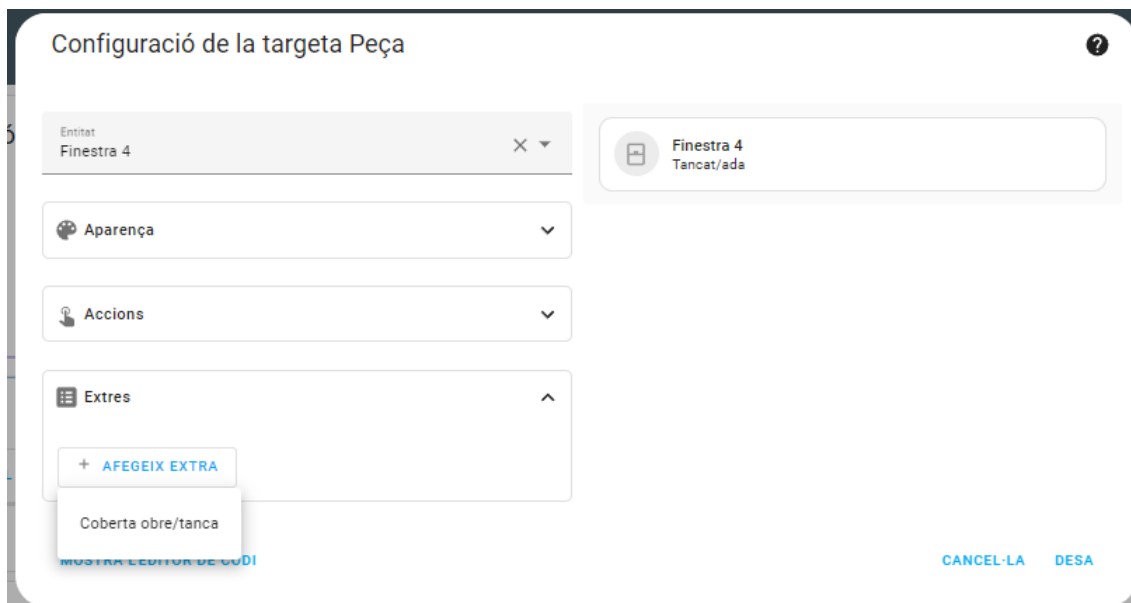


Figura Annex B.139: Menú de configuració de la targeta Peça: selecció d'Extres

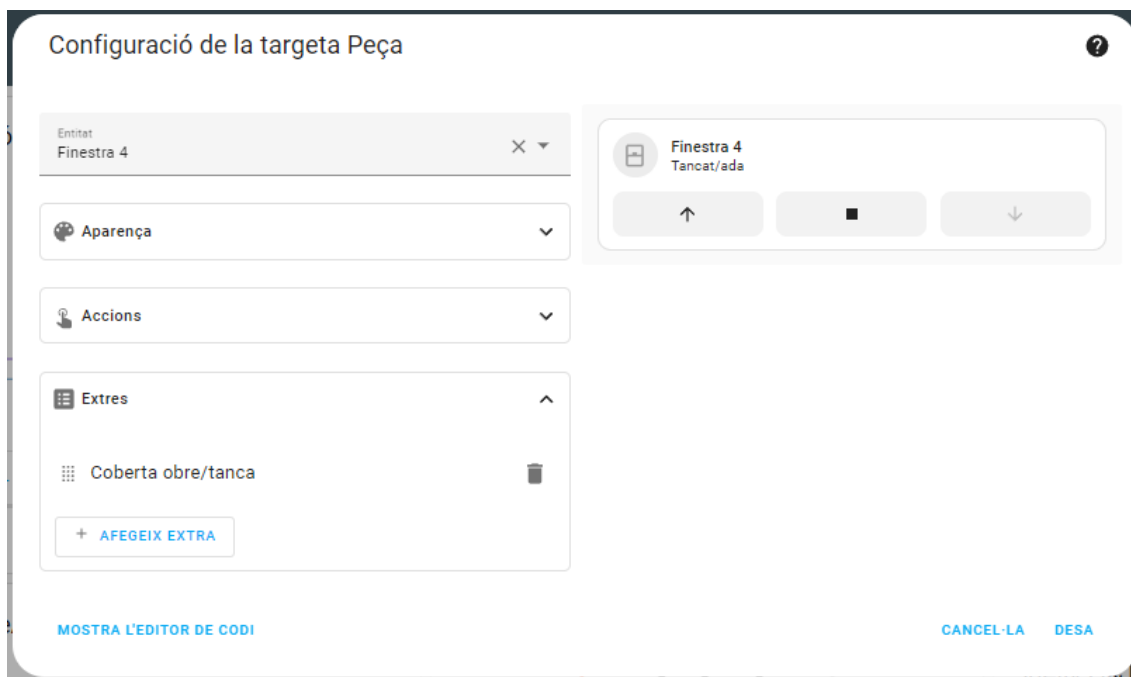


Figura Annex B.140: Menú de configuració de la targeta Peça: detall de la configuració

Mitjançant els controls corresponents, es pot controlar la obertura i el tancament de la finestra.



Figura Annex B.141: Detall de la targeta de Finestra 4 en funcionament

A més a més, en el cas del laboratori, s'han realitzat dues implementacions més enllà:

- S'ha realitzat una integració al Lovelace amb un control de cada finestra, i a més botons que permeten controlar les quatre finestres en sincronia (veure l'apartat de l'annex B.7.3 Disseny de targetes).

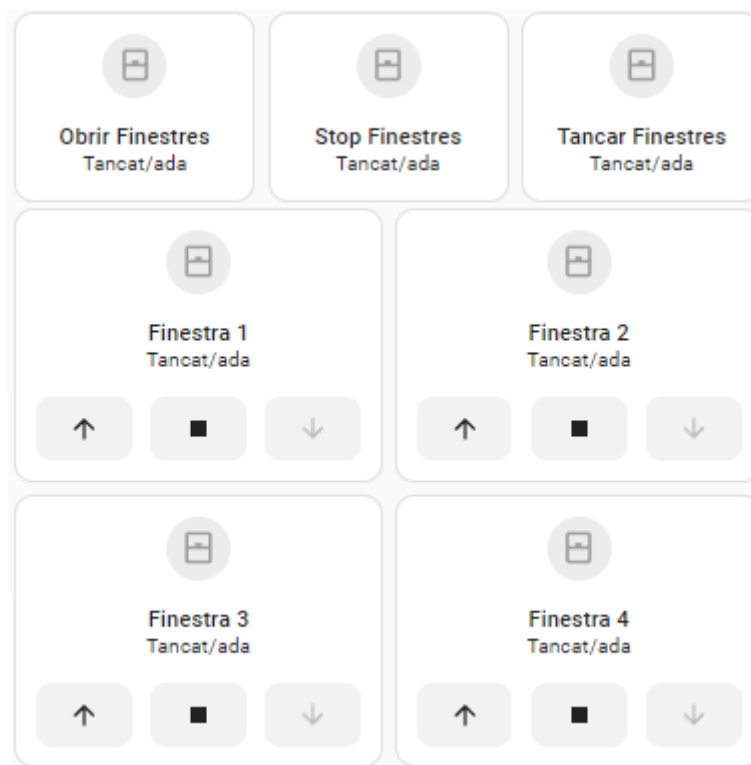


Figura Annex B.142: Detall de la targeta creada pel control de totes les finestres des de Lovelace

- D'altra banda, s'ha realitzat una automatització avançada de l'obertura de les finestres.

Al menú d'automatitzacions, s'han afegit quatre automatitzacions més, pensant en el confort a l'estiu:

- Obrir Finestres: en cas que la temperatura del laboratori sigui més alta que la de la consigna, la temperatura exterior sigui inferior a la interior, i en funció del clima exterior.
- Tancar Finestres: en cas que la temperatura exterior sigui més alta que la de la consigna.
- Tancar Finestres – Clima: en cas que s'engegui el fancoil, i a l'hora de tancament del laboratori.
- Tancar Finestres – Meteo: en cas de canvis en la meteorologia.

Degut que aquestes automatitzacions són més complexes, s'adjunta el codi en llenguatge yaml, el qual es pot programar entrant al menú de la cantonada superior dreta de tres puntets, a "Edita en YAML".



Figura Annex B.143: Menú d'Automatitzacions amb el control de les finestres

Automatització Obrir finestres:

alias: Obrir finestres

description: ""

trigger:

- platform: state

entity_id:

- sensor.shelly_ht_temperature

condition:

- condition: and

conditions:

- condition: numeric_state

entity_id: weather.forecast_lab

attribute: temperature

```
below: sensor.shelly_ht_temperature
above: 16
- condition: template
value_template: >-
  {{ state_attr('climate.fancoil_labo_hivern','temperature') <
    (states('sensor.shelly_ht_temperature')|float - float(0.5)) }}
enabled: true
- condition: state
entity_id: switch.shelly_plus_1pm_fancoil_switch_0
state: "off"
- condition: time
after: "09:30:00"
before: "16:30:00"
weekday:
  - tue
  - wed
  - thu
  - fri
  - mon
- condition: and
conditions:
  - condition: numeric_state
    entity_id: cover.finestra_1
    attribute: current_position
    below: 99
  - condition: numeric_state
    entity_id: cover.finestra_2
    attribute: current_position
    below: 99
  - condition: numeric_state
    entity_id: cover.finestra_3
    attribute: current_position
    below: 99
  - condition: numeric_state
    entity_id: cover.finestra_4
    attribute: current_position
    below: 99
action:
- if:
  - condition: and
    conditions:
      - condition: or
        conditions:
          - condition: numeric_state
```



```
entity_id: cover.finestra_1
attribute: current_position
above: 1
- condition: numeric_state
entity_id: cover.finestra_2
attribute: current_position
above: 1
- condition: numeric_state
entity_id: cover.finestra_3
attribute: current_position
above: 1
- condition: numeric_state
entity_id: cover.finestra_4
attribute: current_position
above: 1
- condition: or
conditions:
- condition: numeric_state
entity_id: weather.forecast_lab
attribute: temperature
below: 20
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: hail
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: lightning-rainy
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: lightning
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: pouring
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: rainy
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: snowy-rainy
- condition: state
entity_id: weather.forecast_lab
state: snowy
then: null
else:
```

```
- service: cover.open_cover
data: {}
target:
  entity_id:
    - cover.finestra_1
    - cover.finestra_2
    - cover.finestra_3
    - cover.finestra_4
- if:
  - condition: or
    conditions:
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: hail
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: lightning-rainy
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: lightning
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: pouring
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: rainy
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: snowy-rainy
      - condition: state
        entity_id: weather.forecast_lab
        state: snowy
      - condition: numeric_state
        entity_id: weather.forecast_lab
        attribute: temperature
        below: 20
    then:
      - delay:
          hours: 0
          minutes: 0
          seconds: 0
          milliseconds: 0
      - service: cover.stop_cover
        data: {}
```

target:

entity_id:

- cover.finestra_1
- cover.finestra_2
- cover.finestra_3
- cover.finestra_4

mode: single

Automatització Tancar finestres:

alias: Tancar Finestres

description: ""

trigger:

- platform: state

 - entity_id:

 - sensor.shelly_ht_temperature

condition:

- condition: and

 - conditions:

 - condition: or

 - conditions:

 - condition: and

 - conditions:

 - condition: time

 - after: "09:30:00"

 - before: "16:30:00"

 - weekday:

 - mon

 - tue

 - wed

 - thu

 - fri

 - condition: numeric_state

 - entity_id: climate.fancoil_labo_hivern

 - attribute: temperature

 - above: sensor.shelly_ht_temperature

 - enabled: true

- condition: or

 - conditions:

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_1

 - state: open

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_2

 - state: open

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_3

 - state: open

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_4

 - state: open

action:

- service: cover.close_cover

data: {}

target:

entity_id:

- cover.finestra_1

- cover.finestra_2

- cover.finestra_3

- cover.finestra_4

mode: single

Automatització Tancar Finestres – Clima:

alias: Tancar Finestres - Clima

description: Tancament de finestres en cas de 16.45h o s'engegui el fancoil

trigger:

- platform: state

 - entity_id:

 - switch.shelly_plus_1pm_fancoil_switch_0

 - to: "on"

- platform: time

 - at: "16:45:00"

condition:

- condition: or

 - conditions:

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_1

 - state: open

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_2

 - state: open

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_3

 - state: open

 - condition: state

 - entity_id: cover.finestra_4

 - state: open

action:

- service: cover.close_cover

 - data: {}

 - target:

 - entity_id:

 - cover.finestra_1

 - cover.finestra_2

 - cover.finestra_3

 - cover.finestra_4

mode: single

Automatització Tancar Finestres – Meteo:

alias: Tancar Finestres - Meteo

description: Tancament de finestres en cas de mal temps

trigger:

- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: hail
- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: lightning-rainy
- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: lightning
- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: pouring
- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: rainy
- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: snowy-rainy
- platform: state
entity_id:
 - weather.forecast_labto: snowy

condition:

- condition: or
conditions:
 - condition: state
entity_id: cover.finestra_1
state: open
 - condition: state
entity_id: cover.finestra_2
state: open
 - condition: state

```
entity_id: cover.finestra_3
state: open
- condition: state
entity_id: cover.finestra_4
state: open
action:
- service: cover.close_cover
data: {}
target:
entity_id:
- cover.finestra_1
- cover.finestra_2
- cover.finestra_3
- cover.finestra_4
- delay:
hours: 0
minutes: 0
seconds: 3
milliseconds: 0
- service: cover.stop_cover
data: {}
target:
entity_id:
- cover.finestra_1
- cover.finestra_2
- cover.finestra_3
- cover.finestra_4
mode: single
```